

**CARACTERIZACION DE AREAS POTENCIALES PARA ESTABLECIMIENTO
DE PLANTACIONES DE LAS ESPECIES *Pinus maximinoi* H.E. Moore Y
Eucalyptus grandis W. Hill ex Maid A TRAVÉS DE ANÁLISIS
MULTICRITERIOS (PAJ) y SIG EN EL MUNICIPIO DE MALAGA.**

JEEFERSON GUISEEPEE ACEVEDO ROA

DIANA CATERINE SANDOVAL NOVA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCION REGIONAL Y EDUCACION A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
MALAGA
2015**

**CARACTERIZACION DE AREAS POTENCIALES PARA ESTABLECIMIENTO
DE PLANTACIONES DE LAS ESPECIES *Pinus maximinoi* H.E. Moore Y
Eucalyptus grandis W. Hill ex Maid A TRAVÉS DE ANÁLISIS
MULTICRITERIOS (PAJ) y SIG EN EL MUNICIPIO DE MALAGA.**

JEEFERSON GUISEEPEE ACEVEDO ROA

DIANA CATERINE SANDOVAL NOVA

**Trabajo de Grado para optar el título de
Ingeniero Forestal**

Director

ROSA HELENA LOZANO CUEVAS

Ingeniera Forestal

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCION REGIONAL Y EDUCACION A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
MALAGA
2015**

A Dios por darme la oportunidad de vivir y porque gracias a él estoy cumpliendo mis sueños y las metas que cada día me estoy trazando ya que él me da paciencia y voluntad para realizarlos y el único encargado de colocarme personas importante en mi vida las cuales son para mí de gran bienestar y beneficio. A mis padres **MARINA Y FELIX** y a mi tío **CARLOS** ya que ellos fueron quienes me impulsaron a comenzar esta meta y quienes jamás me han dejado caer en el intento. A mi hermano **ALBEIRO** el cual con sus locuras siempre estuvo ahí y me animo siempre a continuar mis estudios ofreciéndome una mano amiga para llegar al triunfo.

JEEFERSON GUISEEPPE

Primero que todo a Dios porque es él quien me dio fuerza y voluntad para no rendirme y continuar este camino lleno de alegrías y triunfos. A mis padres **MARGARITA Y CAMPOELIAS** quienes nunca me dejaron sola y siempre con una voz de aliento y esperanza me decían que todo iba a salir bien, además que con sus principios y valores me enseñaron a ser una mujer de bien a mi hijo **JHANSEN MAURICIO** el cual fue mi fuente de inspiración y por el cual luchaba cada vez más porque sé que soy su esperanza. A mis hermanas **KAREN Y YERIS** que me aportaron ayuda y colaboración y las cuales siempre me sacaron de aprietos y nunca de dejaron sola. A una personita que siempre estuvo durante mi carrera y que siempre me motivo para luchar y no dejarme caer ante las adversidades.

DIANA CATERINE

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos a:

La Universidad Industrial de Santander sede Málaga la cual está conformada por su personal directivo, administrativo, docente, los cuales nos colaboraron arduamente en toda nuestra formación académica

.
A las docentes Rosa Helena, asesora del proyecto, Victoriano Vargas Montaña, y Judith Macías por su orientación y colaboración con el mismo y quien con sus instrucciones y asesorías llegamos a la culminación de este trabajo.

.
A nuestros compañeros Jimmy, Frehiman, Yesmith, quienes fueron una ayuda importante para la elaboración del trabajo y siempre estaban atentos de colaborarnos.

A cada una de las personas que se interesó por lo que estábamos haciendo y quienes con un aporte nos contribuían para que saliera de la mejor manera.

A los docentes de la carrera Ingeniería Forestal que gracias a ellos adquirimos muy buenos conocimientos para nuestra futura vida laboral.

CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCION.....	19
1. PROBLEMA	21
2. OBJETIVOS.....	22
3. MARCO REFERENCIAL.....	23
3.2. MARCO TEORICO	23
3.2.1. Ubicación y división territorial del municipio de Málaga.....	23
3.2.2. Zonas de vida o formaciones vegetales para Málaga.	24
3.2.3. Geomorfología para el municipio de Málaga.	25
3.2.4. Condiciones agrologicas.....	31
3.2.5. Los suelos.	36
3.2.6. El clima en la vegetación.	38
3.2.7. Proceso analítico jerárquico (PAJ).	40
3.2.8. Análisis multicriterio en el entorno de los SIG	43
3.2.9. Características ecológicas de las especies bajo estudio.....	44
3.3. MARCO LEGAL	47
3.4. MARCO CONCEPTUAL	51
4. METODOLOGIA	53
4.1. ANALISIS DE COBERTURAS Y ÁREAS DE EXCLUSIÓN	53
4.2. CARACTERIZACIÓN CLIMATICA DEL AREA DE ESTUDIO.	54
4.3. CARACTERIZACIÓN TOPOGRAFICA Y ALTITUDINAL.	55
4.4. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE ÁREAS CON APTITUD.	56
4.4.1. Proceso de jerarquización (PAJ).....	56
4.4.2. Determinación de la aptitud del área de estudio implementado SIG.	57
4.5. CARACTERIZACIÓN EDAFICA.	58
4.5.1. Determinación del espesor del horizonte A:	58
4.5.2. Clasificación de los separados del suelo:	59
4.5.3. pH.....	60
4.6. SALIDAS TEMATICAS	60
4.7. IMPLEMENTACION DE PARCELA DEMOSTRATIVA.....	61
4.8. DIAGRAMA DE LA METODOLOGIA DE TRABAJO	62
4.9. RECURSOS	63
4.10. MATERIALES Y HERRAMIENTAS.....	63
5. ANALISIS Y RESULTADOS	64
5.1. MAPA BASE	64

5.2.	ANÁLISIS DE COBERTURAS Y ÁREAS DE EXCLUSIÓN.....	66
5.2.1.	UNIDADES DE TRABAJO PARA ANÁLISIS DE COBERTURAS.	66
5.2.2.	Tipos de coberturas para el año 2013.....	79
5.2.3.	Áreas de exclusión.	81
5.3.	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.	85
5.3.1.	Temperatura promedios anuales.	85
5.3.2.	Precipitación anual	89
5.4.	CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y ALTITUDINAL.	91
5.4.1.	Pendiente	91
5.4.2.	Rangos altitudinales para las especies.	93
5.5.	CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN PAJ DE CRITERIOS.	96
5.5.1.	Matriz de comparación, orden de prioridad y la inconsistencia para <i>Eucalyptus grandis</i>	97
5.5.2.	Matriz de comparación, orden de prioridad y la inconsistencia para <i>Pinus maximinoi</i>	106
5.5.3.	Tablas de ponderaciones por expertos para las especies.....	115
5.6.	CARACTERIZACIÓN EDAFICA PARA EL MUNICIPIO DE MÁLAGA HASTA LA COTA 2700 M.S.N.M.....	129
5.5.4.	Geomorfología para el municipio de Málaga.....	129
5.5.5.	Geología municipio de Málaga.....	138
5.6.3.	Clasificación de los separados del suelo, ph y determinación del horizonte A.....	141
5.7	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PARCELA DEMOSTRATIVA DE <i>Pinus maximinoi</i>	154
5.7.1.	Objetivo de parcela demostrativa <i>Pinus maximinoi</i>	154
5.7.2.	Ubicación de parcela demostrativa.	154
5.7.3.	Características de área de plantación	156
5.7.4.	Establecimiento de la plantación.....	156
5.7.5.	Mantenimiento de la plantación.....	157
5.7.6.	Manejo silvicultural de la plantación.	158
6.	CONCLUSIONES	159
7.	RECOMENDACIONES	161
	BIBLIOGRAFIA.....	162
	ANEXOS	167

LISTA DE CUADROS

	Pag
Cuadro 1 clasificación del pH.....	38
Cuadro 2 Escala fundamental utilizada en la comparación por pares.	42
Cuadro 3 Categorización del espesor del Horizonte A del Suelo.	59
Cuadro 4 Tipos de coberturas para el año 2013.	79
Cuadro 5 Tipo de aptitud.	83
Cuadro 6 Código y ubicación de estaciones meteorológicas.	85
Cuadro 7 Promedio anual de temperatura.	85
Cuadro 8 datos de temperatura promedio.	86
Cuadro 9 Temperatura para los rangos altitudinales cada 30 metros en el municipio de Málaga con el método de regresión lineal.	87
Cuadro 10 Promedio anual de precipitación.	89
Cuadro 11 Clases de pendientes.	91
Cuadro 12 Rango altitudinales para <i>Eucalyptus grandis</i>	93
Cuadro 13 Rango altitudinales para <i>Pinus maximinoi</i>	93
Cuadro 14 Escala de comparación adecuada para análisis multicriterio para la determinación de posibles áreas potenciales para plantaciones forestales.	96
Cuadro 15 Intervalos de subcriterio altitudinal <i>Eucalyptus grandis</i>	97
Cuadro 16 Comparativo para el grupo de subcriterio de altitud para <i>Eucalyptus grandis</i>	97
Cuadro 17 Matriz de comparación para subcriterio altitud después de la normalización para <i>Eucalyptus grandis</i>	97
Cuadro 18 Calculo autovector para subcriterio de altitud para <i>Eucalyptus grandis</i>	97
Cuadro 19 Índice de consistencia aleatoria.	98
Cuadro 20 cálculo de porcentaje del autovalor de altitud para <i>Eucalyptus grandis</i>	98
Cuadro 21 cálculo del máximo autovalor para <i>Eucalyptus grandis</i>	98
Cuadro 22 Intervalos de subcriterio pendiente para <i>Eucalyptus grandis</i>	100
Cuadro 23 comparativo para el grupo de subcriterio de pendiente para <i>Eucalyptus grandis</i>	100
Cuadro 24 Cálculo de porcentaje del autovalor de pendiente para <i>Eucalyptus grandis</i>	100
Cuadro 25 Cálculo del máximo autovalor para <i>Eucalyptus grandis</i>	101
Cuadro 26 Intervalos de subcriterio temperatura para <i>Eucalyptus grandis</i>	102
Cuadro 27 Comparativo para el grupo de subcriterio de temperatura para <i>Eucalyptus grandis</i>	102

Cuadro 28 Cálculo de porcentaje del autovalor de temperatura para <i>Eucalyptus grandis</i>	102
Cuadro 29 Cálculo del máximo autovalor para <i>Eucalyptus grandis</i>	103
Cuadro 30 Intervalos de subcriterio pendiente para <i>Eucalyptus grandis</i>	104
Cuadro 31 Comparativo para el grupo de subcriterio de precipitación para <i>Eucalyptus grandis</i>	105
Cuadro 32 Cálculo de porcentaje del autovalor para precipitación para <i>Eucalyptus grandis</i>	105
Cuadro 33 Intervalos de subcriterio pendiente para <i>Pinus maximinoi</i>	106
Cuadro 34 Comparativo para el grupo de subcriterio de altitud para <i>Pinus maximinoi</i>	106
Cuadro 35 Cálculo de porcentaje del autovalor de altitud para <i>Pinus maximinoi</i>	106
Cuadro 36 cálculo del máximo autovalor para <i>Pinus maximinoi</i>	107
Cuadro 37 Intervalos de subcriterio pendiente para <i>Pinus maximinoi</i>	108
Cuadro 38 Comparativo para el grupo de subcriterio de pendiente para <i>Pinus maximinoi</i>	108
Cuadro 39 Cálculo de porcentaje del autovalor para pendiente para <i>Pinus maximinoi</i>	109
Cuadro 40 Cálculo del máximo autovalor para <i>Pinus maximinoi</i>	109
Cuadro 41 Intervalos de subcriterio pendiente para <i>Pinus maximinoi</i>	110
Cuadro 42 Comparativo para el grupo de subcriterio de temperatura para <i>Pinus maximinoi</i>	110
Cuadro 43 Cálculo de porcentaje del autovalor de temperatura para <i>Pinus maximinoi</i>	111
Cuadro 44 Cálculo del máximo autovalor para <i>Pinus maximinoi</i>	111
Cuadro 45 Intervalos de subcriterio precipitación para <i>Pinus maximinoi</i>	112
Cuadro 46 Comparativo para el grupo de subcriterio de precipitación para <i>Pinus maximinoi</i>	112
Cuadro 47 Cálculo de porcentaje del autovalor para precipitación para <i>Pinus maximinoi</i>	113
Cuadro 48 Valoración subjetiva para los intervalos de subcriterios.....	114
Cuadro 49 Ponderaciones de criterios y subcriterios para la especie <i>Eucalyptus grandis</i>	115
Cuadro 50 Pesos para ponderaciones para la especie <i>Eucalyptus grandis</i>	116
Cuadro 51 Pesos para los intervalos del subcriterio de precipitación para <i>Eucalyptus grandis</i>	116
Cuadro 52 Pesos para los intervalos del subcriterio de pendiente para <i>Eucalyptus grandis</i>	116

Cuadro 53 Pesos para los intervalos del subcriterio de temperatura para <i>Eucalyptus grandis</i>	117
Cuadro 54 Pesos para los intervalos del subcriterio de precipitación para <i>Eucalyptus grandis</i>	117
Cuadro 55 Superficie y porcentajes de aptitud de área para <i>Eucalyptus grandis</i>	121
Cuadro 56 Ponderaciones de criterios y subcriterios para la especie <i>Pinus maximinoi</i>	122
Cuadro 57 Pesos para ponderaciones para la especie <i>Pinus maximinoi</i>	123
Cuadro 58 Pesos para los intervalos del subcriterio de temperatura para <i>Pinus maximinoi</i>	123
Cuadro 59 Pesos para los intervalos del subcriterio de precipitación para <i>Pinus maximinoi</i>	123
Cuadro 60 Pesos para los intervalos del subcriterio de pendiente para <i>Pinus maximinoi</i>	124
Cuadro 61 Pesos para los intervalos del subcriterio de altitud para <i>Pinus maximinoi</i>	124
Cuadro 62 Superficie y porcentajes de aptitud de área para <i>Pinus maximinoi</i>	128
Cuadro 63 Distribución de separados en tamices.	143
Cuadro 64 Porcentaje de clasificación de separados del suelo.	143
Cuadro 65 Tamaño del tamiz en los porcentajes 10, 30 y 60.....	144
Cuadro 66 Datos de características edáficas.	147

LISTA DE FIGURAS

Pag

Figura 1 diagrama de jerarquización.....	41
Figura 2 Modelo cartográfico implementado para localizar espacialmente las áreas para el establecimiento.....	57
Figura 3 Mapa base para el municipio de Málaga.....	65
Figura 4 Mapa de coberturas para el año 2013 en el municipio de Málaga.	78
Figura 5 Porcentaje de coberturas para el 2013.	80
Figura 6 Mapa de áreas aptas y zonas de exclusión.	84
Figura 7 Mapa de gradiente altitudinal de temperatura.	88
Figura 8 Mapa de isoyetas.....	90
Figura 9 Mapa de clasificación de pendientes.	92
Figura 10 Mapa de rangos altitudinales para <i>Eucaliptus grandis</i>	94
Figura 11 Mapa de rangos altitudinales para <i>Pinus maximinoi</i>	95
Figura 12 Contribución de los rangos del subcriterio altitud para <i>Eucalyptus grandis</i>	99
Figura 13 Contribución de los rangos del subcriterio de pendiente para <i>Eucalyptus grandis</i>	101
Figura 14 contribución de los rangos del subcriterio de temperatura para <i>Eucalyptus grandis</i>	104
Figura 15 Contribución de los rangos del subcriterio de precipitación.....	105
Figura 16 Contribución de los rangos del subcriterio altitudinal para <i>Pinus maximinoi</i>	108
Figura 17 Contribución de los rangos del subcriterio de pendiente.	110
Figura 18 Contribución de los rangos del subcriterio de temperatura.....	112
Figura 19 Contribución de los rangos del subcriterio de precipitación para <i>Pinus maximinoi</i>	113
Figura 20 Ponderacion de areas en base a los criterios para la especie <i>Eucalyptus grandis</i>	117
Figura 21 Mapa de áreas ponderadas para <i>Eucaypthus grandis</i>	119
Figura 22: Mapa de caracterización de aptitud de áreas para <i>Eucalyptus grandis</i>	120
Figura 23 Aptitud de área para <i>Eucalyptus grandis</i>	121
Figura 24 Ponderacion de los criterios en ArcGis para la especie <i>Pinus maximinoi</i>	124
Figura 25 Mapa de áreas ponderadas para <i>Pinus maximinoi</i>	126

Figura 26	Mapa de caracterización de aptitud de áreas para <i>Pinus maximinoi</i> .	127
Figura 27	Aptitud de área para <i>Pinus maximinoi</i>	128
Figura 28	Mapa de Geomorfología.	139
Figura 29	Mapa geológico.	140
Figura 30	Mapa de áreas muestreadas.	142
Figura 31	Curva granulométrica de muestra 1.	144
Figura 32	Mapa de clases de profundidad efectiva.	149
Figura 33	Mapa de clasificación de pH.	151
Figura 34	Mapa de clasificación de separados del suelo.	153
Figura 35	Mapa de ubicación de plantación de <i>Pinus maximinoi</i>	155

LISTA DE FOTOS

	Pag
Foto 1 Aeropuerto sin infraestructura asociada.....	66
Foto 2 Arbustal.	67
Foto 3 Bosque denso alto de tierra firme.	68
Foto 4 Bosque ripario.	68
Foto 5 Cultivo transitorio.	69
Foto 6 Cuerpo de agua artificial.	70
Foto 7 Herbazal.	70
Foto 8 Mosaico de pastos con cultivos.	71
Foto 9 Pastos arbolados.	72
Foto 10 Pastos enmalezados.	72
Foto 11 Pastos limpios	73
Foto 12 Plantación forestal.	74
Foto 13 Relleno sanitario.	74
Foto 14 Tejido urbano continuo.	75
Foto 15 tierras desnudas y degradadas.	76
Foto 16 Red vial.	76
Foto 17 Zonas de extracción minera.	77
Foto 18 Zona industrial	77
Foto 19 Colinas y pendientes denudacionales.	130
Foto 20 Colinas y montañas denudacionales.	131
Foto 21 Escarpes.	132
Foto 22 Planos estructurales denudacionales.	133
Foto 23 Cuestas	134
Foto 24 Crestón.	135
Foto 25 Terrazas estructurales denudacionales.	135
Foto 26 Lomos, narices y zonas de flexión de estructuras.	136
Foto 27 Domos y colinas residuales.	137
Foto 28 Terrazas fluviales.	138

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Coordenadas en áreas toma de muestras de suelos.....	169
Anexo B	Medición de profundidad efectiva y tomas de muestras de suelo.....	170
Anexo C	Cuadros de análisis de cantidad de agregados del suelo.....	171
Anexo D	Adecuación de área y plantación de <i>pinus maximinoi</i>	206
Anexo E	Análisis de suelos ofrecido por laboratorio para el área donde se implementó la plantación.....	209

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACION DE AREAS POTENCIALES PARA ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE LAS ESPECIES *Pinus maximinoi* H.E. Moore Y *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid A TRAVÉS DE ANÁLISIS MULTICRITERIOS (PAJ) y SIG EN EL MUNICIPIO DE MALAGA**

AUTORES: JEEFERSON GUISEEPPE ACEVEDO ROA**
DIANA CATETINE SANDOVAL NOVA**

PALABRASCLAVES: ANÁLISIS MULTICRITERIO, CARACTERIZACIÓN, PROCESO ANALÍTICO DE JERARQUIZACIÓN, PONDERACIÓN, PLANTACIÓN, *PINUS MAXIMINOI* H.E. MOORE, *EUCALYPTUS GRANDIS* W. HILL EX MAID, SIG,

DESCRIPCION.

El presente trabajo realiza un estudio en el municipio de Málaga Santander con la necesidad de caracterizar las áreas con potencial para la implementación de plantaciones forestales de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid. Destinados a la obtención de productos maderables de aserrío o sub-productos no maderables basándose en requerimientos climáticos de temperatura y precipitación, como topográficos de pendiente y altura sobre el nivel del mar, mediante un análisis multicriterio PAJ (proceso analítico de jerarquización) y SIG (sistemas de información geográfica), categorizando las áreas de buenas a malas basadas en ponderaciones dadas por expertos en las especies que se pretenden implementar, caracterizando las condiciones edáficas elementales como textura, profundidad efectiva y pH en las zonas que presentan las mayores ponderaciones por cumplir con los requerimientos básicos de las especies. Como complemento se implementa una parcela demostrativa de la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore con el objetivo de obtener datos y registros para evaluar el rendimiento y adaptabilidad en el sector. En ese orden de ideas se recolecta y analiza la información para la obtención de resultados con lo cual se propone una serie de recomendaciones en pro de masificar la idea de realizar estudios y proyectos relacionadas a la implementación de plantaciones forestales en busca de una nueva actividad productiva y mejorar las condiciones de las áreas en que estas especies hagan presencia.

*Trabajo de grado

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia "IPRED". Programa de Ingeniería Forestal. Director: Rosa Helena Lozano Cuevas, Ingeniera Forestal.

SUMMARY

TITLE: CHARACTERIZATION OF POTENTIAL AREAS FOR PLANTATION SPECIES *Pinus maximinoi* HE Moore and *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid THROUGH multicriteria (AHP) and GIS ANALYSIS IN THE CITY OF MALAGA**

AUTORES: JEEFERSON GUISEEPPE ACEVEDO ROA**
DIANA CATETINE SANDOVAL NOVA**

KEYWORDS: MULTI-CRITERIA ANALYSIS, CHARACTERIZATION, ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS, WEIGHTING, PLANTATION, *PINUS MAXIMINOI* HE MOORE, *EUCALYPTUS GRANDIS* W. HILL EX MAID, GIS,

DESCRIPTION.

This essay makes a study in the municipality of Santander Malaga for the need to characterize areas with potential to implementing with forest plantations of *Pinus maximinoi* HE Moore and *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid. For the procurement of wood products sawmill or wood by-products not based on climatic requirements the temperature precipitation, and topographic slope and height above sea level, using a multi-criteria analysis AHP (analytic hierarchy process) and GIS (GIS), categorizing the areas of good to bad based on weights given by experts in the species are to be implemented, characterizing the elementary soil conditions such as texture, effective depth and pH in areas that have the highest weights satisfy the basic requirements of the species. Complementing a demonstration plot of the species *pinus maximinoi* He has implemented Moore in order to obtain and record data for assessing the performance and adaptability in the sector. In that vein collects and analyzes information to obtain results in which a number of recommendations proposed in favor of extending the idea of studies and projects related to the implementation of forest plantations in search of a new activity and improve the conditions of the areas where these species make presence.

*Trabajo de grado

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia "IPRED". Programa de Ingeniería Forestal. Director: Rosa Helena Lozano Cuevas, Ingeniera Forestal.

INTRODUCCION

Las plantaciones forestales tienen una importancia creciente que están satisfaciendo necesidades económicas en la producción maderera y en sus subproductos para una población mundial en constante crecimiento que exige una gran diversidad de artículos, con los cuales se pueden mejorar los niveles de vida contrarrestando la tala ilegal para la extracción de madera y otros productos forestales provenientes de bosques naturales. También es una opción para la rehabilitación de zonas despojadas de vegetación arbórea que se quiera repoblar con una cobertura vegetal a corto plazo, protección de cuencas, estabilización de laderas.

Se constata la realidad que afronta el municipio de Málaga en cuanto a los recursos provenientes de plantaciones forestales, donde se evidencia que solo se aprovecha el recurso arbóreo nativo el cual no satisface las necesidades de la población y solo se contribuye a la degradación de los recursos naturales existentes, incluyendo también la no implementación de buenas prácticas en el sector agropecuario, dando paso a la expansión de la frontera agrícola en busca de nuevas áreas con mejores condiciones, contribuyendo a la destrucción de los recursos naturales nativos.

La falta de estudios enfocados a la búsqueda de áreas óptimas que cumplan con los requerimientos básicos para las especies forestales en cuanto a clima topografía y suelos que son indispensables para garantizar la sostenibilidad de las especies, implementando técnicas en las cuales se mezcla información primaria y secundaria, que se procesan con ayuda de programas en los cual se analizan las distintas variables de una forma estadística ofreciendo ponderación de las distintas características desde las más óptimas hasta las menos apropiadas, con lo cual se dará la base para generar salidas temáticas con los grados de potencialidad de

cada una de ellas y generar una proyección al recurso forestal con argumentos viables.

1. PROBLEMA

Durante décadas el municipio de Málaga se han caracterizado por depender de una economía proveniente de la agricultura, generalmente de cultivos transitorios como arveja, avena, frijol, maíz papa, tabaco, trigo entre otros. Y de frutales que se encuentran en las huertas caseras. De los cuales un poco de lo producido se destina para consumo familiar y alimento para animales de corral y ganado. El sector pecuario en los últimos años a dada un cambio significativo a la economía tradicional de los cultivos transitorios y estas áreas tienden a cambiar a pastos para la alimentación de ganado que en la mayoría de los casos no es manejado con las técnicas necesarias para evitar la degradación de los terrenos destinados a esta actividad en el municipio de Málaga.

La falta de acompañamiento técnico al sector agrícola ha causado que las actividades agropecuarias pierda esa atracción del productor por mantener estos sistemas ya que no se genera calidad necesaria para ser competitivos en un mercado que tiende a la globalización, por otro lado el uso del recurso suelo no es el apropiado por no tener estudios detallados, y de que especies se pueden implementar en ellas para un mayor rendimiento y uso adecuado de los recurso bióticos y abióticos disponibles en el área.

La pérdida de la cobertura boscosa para la búsqueda de nuevas áreas productivas y extracción de productos del mismo han causado pérdidas significativas de ecosistemas importantes para la conservación de los suelos y del recurso agua. Que en los cuales no se han realizado las actividades de recuperación necesarias para lograr una sostenibilidad en el transcurso del tiempo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar áreas potenciales para establecimiento de plantaciones de las especies *Pinus maximinoi* H.E. Moore Y *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid a través de análisis multicriterios (PAJ) y SIG en el municipio de Málaga.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Caracterizar áreas de exclusión por su importancia ecológica y conservación de la riqueza florística nativa.

Identificar las zonas con rangos de distribución de temperatura, precipitación y características topográficas necesarias para el desarrollo de las especies a implementar.

Analizar los factores edáficos elementales como determinación de espesor de horizonte A, Caracterización de separados del suelo y pH en las zonas que cumplen con los requerimientos climáticos y topográficos para las especies en estudio.

Generar las salidas temáticas con las posibles áreas potenciales para la implementación de plantaciones forestales en Málaga Santander.

Implementar parcela demostrativa de la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore en área que ofrezca requerimientos básicos para su desarrollo.

3. MARCO REFERENCIAL

3.2. MARCO TEORICO

3.2.1. Ubicación y división territorial del municipio de Málaga. El municipio de Málaga está ubicado en el sector oriental del departamento de Santander. Limitando al norte con el municipio de Concepción, al sur con el municipio de San José de miranda al oriente con el municipio de Enciso y por el occidente con los municipios de San Andrés y Molagavita.

Con una extensión de 58km² y su casco urbano se encuentra situado a los 6° 42' de latitud norte y 72° 44' de longitud oeste, en una de las desviaciones de la cordillera oriental.

El municipio de Málaga cuenta con una división administrativa del sector rural y perímetro urbano, el cual se divide en 9 veredas las cuales son:

Barzal

Buenavista

Calichal

Guásimo

Pescadero

Pescaderito

Pantano Grande

San Luis

Tierra Blanca¹.

¹ LOPEZ TORRES, Cecilia MUÑOS QUIÑONES, Sergio. Plan de ordenamiento territorial para el municipio de Málaga en su área rural. Proyecto de grado ingeniería Forestal. Málaga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingeniería forestal, 1998. p.17-18.

3.2.2. Zonas de vida o formaciones vegetales para Málaga.

Según Holdridge,

- Bosque Húmedo Premontano (bh-PM).

Es una formación situada en la parte oriental del municipio de Málaga hasta la cota 2000 m.s.n.m., en terrenos con pendientes inclinadas de relieve montañoso, con temperaturas que oscilan entre los 18 y 24°C con una precipitación promedio anuales entre 2000 y 4000mm.

Tiene una extensión aproximada a 1101,17 hectáreas en las veredas Guásimo, tierra blanca, Barzal y Calichal, en la cual el bosque nativo ha perdido su estructura original pero manteniéndose algunos fragmentos.

- Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB).

Esta zona de vida está situada desde la cota 2000 a 2500 m.s.n.m., con una extensión aproximada a las 1662,28 hectáreas ubicada en la parte baja oriental de las veredas San Luis, Buenavista, Pescaderito, Pescadero, parte alta de Calichal y una pequeña franja al nororiente de Pantano Grande e incluyendo el casco urbano. En terrenos con pendientes inclinadas de relieve quebrado.

Se caracteriza por que ha perdido gran parte de la composición florística debido a la acción antrópica, algunos árboles alcanzan alturas hasta de 30 metros, arbustos, en las partes planas y onduladas los cultivos transitorios han reemplazado como en las zonas con pendientes se presenta la ganadería.

- Bosque muy Húmedo Montano (bmh-M).

Formación vegetal que se encuentra entre la cota 2500-3000 m.s.n.m., con una extensión aproximada de 1763,25 hectáreas ubicada en las veredas San Luis, parte central de Buenavista, Pecadero y parte oriental de Pantano Grande. Con una temperatura promedio que oscila entre los 12-18°C, un promedio de precipitación anual que oscila entre los 2000-4000mm.

Se caracteriza por presentar un relieve pronunciado montañoso y bastante accidentado y en la cual se soportan nubes y niebla frecuentemente y se considera un bosque nublado.

- Páramo Subalpino (p-SA).

Zona de vida ubicada sobre los 3000 m.s.n.m., situada en la parte occidental de las veredas San Luis, Buenavista, Pescaderito, Pescadero y Pantano Grande con una extensión aproximada de 1172,21 hectáreas, con una temperatura promedio que oscila entre los 3-6°C, y la precipitación oscila entre los 500-2000 mm.

Se caracteriza por presentar una vegetación de tipo arbórea, gramíneas y frailejones plantas que soportan climas fríos extremos².

3.2.3. Geomorfología para el municipio de Málaga. La geomorfología se puede utilizar de distintas maneras en relación con la génesis y la cartografía de los suelos, combinándolas con otras disciplinas, la cual tiene como objetivo clasificar un conjunto de objetos pertenecientes a un mismo entorno.

² ALCALDIA DE MALAGA. Esquema de ordenamiento territorial de Málaga EOT. Documento municipal. Málaga: Alcaldía, 2003. P. 94-100.

- Geoformas Denudacionales.

Corresponde a aquellas formas del Relieve Originadas predominante por eventos climáticos que han actuado directamente sobre la Roca durante largos periodos de tiempo y han ocasionado un proceso de desgaste lento y continuo³.

- Colinas y Pendientes Denudacionales (D1).

La colina es una elevación natural del terreno de mediana altura, cuyas laderas presentan una inclinación promedio superior al 16% y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular. Pueden reconocerse colinas altas, medias y bajas.

Las pendientes denudadas presentan inclinaciones hasta del 35% (0-20°), moderadamente largas de forma Ondulada y algunas veces recta.

Esta geoforma se caracteriza por pendientes suaves a fuertemente inclinadas, con una topografía Ondulante a rizada ligeramente a Moderadamente disectadas. Se encuentra en sectores de las Vereda San Luis (sobre quebrada La Magnolia), Pescadero (sobre Quebrada El Pescado y cañada Pantano Hondo, en los sectores la Esperanza y La Florida); cubre una superficie de 641,56 Hectáreas que ocupan un 11,26% del territorio municipal.

- Colinas y Montañas Denudacionales (D3).

Montaña es la Unidad o componente de cualquier cadena montañosa y es una gran elevación natural del terreno de diverso Origen, con más de 300 metros de Desnivel, cuya cima puede ser aguda, subaguda, semiredondeada o tabular, y cuyas laderas regulares, irregulares o complejas, presentan una inclinación promedio superior al 30%.

³ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá D.C.: El Instituto, 1995. 632 p.

Esta geoforma es característica de la formación Tibú - Mercedes, producto de la denudación de su material arcilloso, con pendientes empinadas a muy empinadas con topografía colinada a montañosa, con colinas redondeadas. De poca elevación alternadas con montañas altas con pendientes largas de 0-30 grados de inclinación (50%), moderadamente a severamente disectada.

Esta Geoforma se localiza en la vereda Calichal (sector Agua Blanca), Barzal, Guásimo (sector Tablón y Guásimo bajo) y Tierra Blanca (márgenes de la Quebrada El Espinal); cubriendo un área de 822,19 Hectáreas del territorio municipal.

- Glacia de Ladera (D8).

Es una geoforma coluvial llamada Valle estrecho coluvial, de escasa extensión con pendientes suavemente inclinadas a moderadamente empinadas, con topografía regular, suave a rizada, formada al pie de colinas, lomas ondulaciones o de montañas elevadas, siendo moderadamente disectada.

Se forman por la deposición gradual de capas de materia de suelo y fragmentos menores desprendidos por la erosión pluvial, la erosión laminar interfluvial y arrastrados por la reptación o mediante saltación de partículas cuesta abajo por incidencia de la gravedad.

Se localiza en la parte alta occidental del municipio, entre Peña Lisa y La Aguada, en la Vereda Pescaderito (sector Pantano Hondo), cubre un área de 131,62 Hectáreas correspondientes al 2,31% del territorio del municipio.

- Escarpes (D9).

Geoforma con pendientes empinadas a muy empinadas, mayores al 75%, moderada a severamente disectadas, con red de drenaje paralela casi vertical, caracterizada por unidades litológicas de capas duras con delgados niveles blandos, donde las duras son de gran espesor y forman cornisas.

Paisajísticamente se reconocen como un talud rocoso, localizados al occidente del municipio en las mayores alturas, en las veredas San Luis (sector San Luis, sitio Caliche), Pescaderito (sector Pantano Hondo, sitio Peña Lisa), Pescadero y Pantano Grande (Sector Alizal); ocupan un área de 67,55 Hectáreas del territorio municipal.

- Geoformas de Origen Estructural Denudacional.

Geoformas asociadas con las capas de roca estratificadas o estructuralmente controladas y plegadas, originadas por procesos tectónicos como plegamientos, fallamiento y levantamiento; asociadas con procesos de desgaste y denudativos. Se caracterizan por la presencia de estructuras rocosas con alto grado de alteración, de pendientes muy escarpadas y abruptas.

- Planos Estructurales Denudados (S_2).

Geoforma de pendientes suaves a moderadamente fuertes, con topografía fuertemente inclinada, con escurrimiento difuso intenso y patrón linear, resultando una topografía de lomos y vertientes onduladas rizadas. Se sitúan sobre rocas duras de la Formación Rionegro y Tibú- Mercedes, cuyo buzamiento es el ángulo de la pendiente y la dirección del buzamiento es la misma dirección de la pendiente. Se caracterizan por presentar procesos de remoción en masa.

Se localizan en territorios de las veredas San Luis (parte alta), Buenavista (sobre Quebrada La Magnolia), Pescaderito (parte baja y Sector Pantano Hondo), cubriendo una extensión de 1.460,50 Hectáreas del territorio municipal; sobre esta geoforma se encuentran las vías La Málaga- Bucaramanga, parte de la vía Málaga – Alto de Málaga.

- Cuestas (S_6)

Esta forma es un paisaje monoclinal formado como consecuencia de la degradación parcial de estratos sedimentarios suavemente plegados. Se

caracteriza por una pendiente frontal empinada o escarpe y una ladera estructural de contrapendiente suave.

El escarpe está constituido por secuencia de areniscas y calizas, por lo cual la ladera estructural es más regular, ligeramente a moderadamente disectada, con suelos bien definidos y cierto grado de madurez. Se sitúa en las veredas de Calichal (entre los tres sectores de la vereda, sobre vía a Concepción), Pantano Grande (sector Alizal y Pantano Grande, sobre cañada Las Flores, Potreritos y Colorada), el casco urbano se ubica sobre esta geoforma. Tiene una extensión de 932,72 Hectáreas del territorio municipal.

- Crestón (S₇)

Geoforma que resulta de la degradación o fallamiento de un anticlinal, cuyas laderas estructural y erosional o escarpe tienden a ser regulares y moderadamente disectadas debido a la uniformidad y dureza de las rocas que la conforman (calizas y lilitas). Su cima es aguda a subaguda, razón por la cual se le denomina en términos topográficos “cuchillas”, las que sobresalen netamente por su altura en un sistema de montañas y colinas plegadas. La ladera estructural presenta buzamiento entre 10° y 25°, siendo lomos con pendientes empinadas a muy empinadas que presentan suelos maduros pero poco profundos.

Al Crestón se le denomina “espaldas en puerco de marrano o Crestón aserrado”. Esta Geoforma ocupa la cuchilla de la margen derecha de la Quebrada El Término, situada entre las veredas Pescadero (sobre la Quebrada La Colorada y sitio e Chirimoyo), Calichal (sectores Bucareche – Calicha, sobre vía a Concepción), cubriendo un área de 435,26 Hectáreas que representan el 7,64% del área total del municipio.

- Terrazas Estructurales Denudacionales (S₈).

Geoforma caracterizada por pendientes suaves a moderadamente empinadas, moderadamente disectadas, resultado de valles de falla intersectados por otras

fracturas; se localizan en la cima de un crestón. En el municipio esta geoforma se presenta en las veredas Pescadero (sobre cañada Potreritos) y Pantano Grande (sector Alizal, sobre quebrada El Pescado), cubriendo una superficie de 353,87 Hectáreas del territorio municipal.

- Lomos, Narices y zonas de Flexión de Estructuras (S₉)

Geoforma asociada al anticlinal de Pantano Grande, caracterizada por extensos lomos de pendientes moderadamente empinadas a muy empinadas y abruptas, con rango entre 50 – 75% ,limitadas por fallas, por lo cual los flancos del anticlinal se presentan moderadamente disectados.

Se localiza al Noroccidente del municipio entre las veredas Pescadero y Pantano Grande (entre los sitios El Tobo, Alisal y alto de Málaga), cubriendo un área de 302,64 Hectáreas que representan un 5,31% del área total del municipio.

- Domos y Colinas Residuales (S₁₀)

Geoforma localizada en diferentes sectores del municipio, entre el lineamiento de los planos de fallas.

Se caracteriza por una alternancia paisajística de Domos y Colinas, aislados o dejados por el desplazamiento entre fallas. Los Domos presentan cimas redondeadas y laderas regulares poco disectadas, con pendientes muy empinadas a escarpadas, con suelos muy pobres y escasos y poca vegetación. Las colinas presentan cimas amplias, redondeadas, alargadas y laderas inclinadas con pendientes moderadamente empinadas entre el 25 al 50%, moderadamente disectadas. Se ubica en las Veredas Pescaderito (sector Pantano Hondo), Buenavista, Pescadero, entre Pescadero y Calichal, Calichal (sector Calichal y Agua Blanca), entre Guásimo y Tierra Blanca; ocupa una extensión de 517,40 Hectáreas, que corresponden al 9,08% del territorio municipal.

- Terrazas Fluviales (F6).

La terraza es una superficie que representa los restos del cauce de un río y/o quebrada o de una planicie de inundación, cuando el río y/o quebrada estuvo fluyendo a un nivel más alto.

Las terrazas son remanentes de anteriores niveles de sedimentación, se pueden presentar por niveles, donde los niveles más altos son los más antiguos y normalmente contienen los suelos más evolucionados. Cada nivel de terraza está separado de otros por escarpes verticales a subverticales en los que afloran las capas de sedimentación.

Se caracterizan por presentar una topografía con pendientes aproximadamente planas a suavemente empinadas que son ligera a moderadamente disectadas. En el Municipio se presentan una terraza depositadas al lado derecho del Río Servitá y de la Quebrada El Término, en la vereda Calichal, desde la unión de la quebrada con el Río. Esta terraza tiene una extensión de 33,60 Hectáreas, que cubren un 0,59% del territorio municipal⁴.

3.2.4. Condiciones agrológicas. En las condiciones agrológicas se tendrán en cuenta, las calidades físicas y químicas del suelo, las limitaciones de uso y manejo del mismo, las cuales se establecerán según la clasificación agrológica como se expresa a continuación:

Clasificación agrológica. Las condiciones de los suelos se determinarán teniendo en cuenta las siguientes variables: relieve, pendiente, drenaje natural, encharcamientos o inundabilidad, permeabilidad de los suelos, discontinuidad, retención de humedad, pedregosidad, erosión, textura, profundidad efectiva y nivel de fertilidad. De acuerdo con las características de los suelos por su capacidad de

⁴ ALCALDIA DE MALAGA. Esquema de ordenamiento territorial de Málaga EOT. Documento municipal. Málaga: Alcaldía, 2003. P. 94-100.

uso, se realizará la clasificación agrológica según el sistema de clasificación de tierras adoptado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi "IGAC", a la vez tomado del sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Según la clasificación existen ocho (8) clases agrológicas, las cuales se representan en números romanos (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII), de tal manera que a medida que aumenta el grado numérico disminuye la aptitud del suelo para el uso y manejo.

La descripción de las ocho clases es como sigue:

- CLASE I.

Suelos con relieve plano, ligeramente plano a casi plano; pendientes inferior al 3%. Sin erosión o con erosión ligera como máximo en un 10% del área. Profundos o muy profundos, sin piedras o con muy pocas que no interfieren las labores de la maquinaria; sin problemas de salinidad; si esta se presenta debe ser ligera y fácil de corregir en forma permanente y en ocurrencia no mayor del 10% del área. Suelos bien drenados sin peligro de inundaciones; los encharcamientos si se presentaren no ocasionarían daños en los cultivos. Retención de agua alta a mediana; permeabilidad lenta a moderada y moderadamente rápida. Nivel de fertilidad moderado a alto.

Son suelos aptos para una amplia diversidad de cultivos transitorios y perennes. Requieren las usuales prácticas de manejo: empleo de fertilizantes, correctivos, abonos verdes, rotación de cultivos, prevención de erosión.

- CLASE II

Suelos con relieve igual a los de la Clase I o moderadamente inclinados a ondulados, con pendientes inferiores al 12%. Sin erosión o con erosión ligera en un máximo de 20% del área. Moderadamente profundos a muy profundos, sin piedras o con piedras que no imposibilitan las labores de la maquinaria. Si hay suelos salinos o salino sódicos no deben afectar más del 20% del área y ser fácilmente

corregibles, aunque la corrección no sea permanente. Drenaje natural bueno a moderado o imperfecto.

Encharcamientos, si se presentan, con duración no mayor de 15 días, por ciclos de invierno y que no ocasionen mayores daños a los cultivos. Inundaciones ocasionales, si se presentan, de muy corta duración en invierno rigurosos y no mayores de 1 a 2 días, no producen daños de consideración. Retención de humedad muy alta a mediana; permeabilidad lenta, moderadamente lenta, moderadamente rápida o rápida. Nivel de fertilidad moderado, moderadamente alto a alto. Por las pequeñas limitaciones que ocurren en esta clase, la elección de cultivos transitorios y perennes no es tan amplia como en la clase I. Estos suelos requieren prácticas de manejo más cuidadosos que los de la Clase I, aunque fáciles de aplicar.

En ocasiones será necesario establecer drenajes, prevenir y controlar la erosión más cuidadosamente.

- CLASE III

Suelos con relieve similar a la clase II o con los siguientes rangos: fuertemente inclinados a fuertemente ondulados con pendientes que no exceden del 25%. Erosión hasta de tipo ligero en no más del 30% del área, de tipo moderado en áreas inferiores al 10%. Profundidad efectiva superficial a muy profunda. Sin piedras hasta pendientes del 12% y pedregosos en pendientes del 12 al 25%. La salinidad no excede del 30% del área para suelos salinos o salinosódicos. El drenaje natural excesivo, bueno a moderado, imperfecto o pobre.

Encharcamientos ocasionales en lapsos cortos con un máximo de 30 días acumulados por año; inundaciones hasta por un máximo de 30 días acumulados por año. Retención de agua baja, mediana, alta o muy alta. Permeabilidad lenta, moderadamente rápida o rápida. Nivel de fertilidad alto a muy bajo. Tiene una o varias limitaciones más altas que las de la Clase II que inciden en la selección de

los cultivos transitorios o perennes. Requiere prácticas de manejo y conservación de aplicación rigurosa; control de erosión y de agua, drenajes, fertilización, recuperación de áreas salinas o salinosódicas.

- CLASE IV.

Suelos con pendientes similares a las de la Clase III; erosión con grados más altos que los de la clase anterior así: ligera hasta el 40%; moderada hasta el 20% y severa hasta el 10% del área; profundidad efectiva muy superficial a muy profunda; pedregosidad similar a la de la Clase III, salinidad hasta un 40% del área para suelos salinos sódicos; drenaje natural desde excesivo hasta pobremente drenados; encharcamientos ocasionales en dos ciclos por años, hasta por 60 días acumulados; inundabilidad también hasta por 60 días acumulados y en dos ciclos anuales; retención de agua excesivamente alta, muy alta, mediana, baja y muy baja; permeabilidad muy lenta, moderadamente lenta, moderada, moderadamente rápida, rápida y muy rápida. Nivel de fertilidad muy bajo a alto. Por la limitación o limitaciones tan severas que pueden ocurrir, la elección de cultivos transitorios y perennes es muy restringida.

Requiere prácticas de manejo y conservación más rigurosa y algo difíciles de aplicar.

- CLASE V

Suelos de relieves planos, ligeramente planos, casi planos, con pendientes inferiores al 3%; sin erosión o poco significativos; muy superficiales, excesivamente pedregosos y rocosos en la superficie que imposibilitan el empleo de maquinaria. Drenaje natural excesivo a muy pobremente drenado; inundaciones con duración de 6 a 8 meses; retención de agua excesiva a muy baja; permeabilidad muy lenta a muy rápida; nivel de fertilidad muy bajo a alto. Las limitaciones de esta clase son de tal severidad que no es práctica la habilitación de esas tierras. Su uso está limitado principalmente a pastos, bosques o núcleos de árboles y de vida silvestre.

- CLASE VI.

Suelos con relieve similar a la Clase IV, o de relieve escarpado o fuertemente quebrado. Para estos, las pendientes serán del 25 a 50%. El área puede estar afectada por erosión ligera hasta el 60%, moderada hasta el 30% y severa hasta el 20%. Profundidad efectiva muy superficial a muy profunda; pedregosidad y rocosidad nula a excesiva. Salinidad hasta en un 60% para suelos salinos y salinos sódicos. Drenaje natural excesivo a muy pobre. Encharcamientos hasta de 90 días acumulados por año.

Inundaciones entre 2 a 4 meses por año, retención de humedad excesiva a muy baja. Permeabilidad muy lenta a muy rápida. Nivel de fertilidad muy alto a muy bajo. Son suelos con aptitud especial para pastoreo con buen manejo de potreros o, cultivos permanentes y bosques. Se pueden encontrar sectores limitados en donde es posible explotarlos con cultivos limpios de subsistencia. Por la limitación o limitaciones tan severas, las medidas de conservación y manejo deben ser especiales y muy cuidadosas.

- CLASE VII

Suelos con relieve similar a las de la Clase VI o también muy escarpados, con pendientes mayores del 50%. La erosión es más grave que en los suelos de Clase VI. El área puede estar afectada por erosión ligera hasta 100%, moderada hasta 70%, severa hasta 50% y muy severa hasta 30%. Muy superficiales a muy profundos, pedregosidad y rocosidad nula a excesiva. Suelos salinos, salinosódicos hasta el 70% del área. Drenaje natural desde excesivo a muy pobre; encharcamientos hasta 120 días acumulados año; las inundaciones de 4 a 6 meses año. Retención de agua excesiva a muy baja; permeabilidad muy lenta a muy rápida. Nivel de fertilidad alto a muy bajo. Por las limitaciones tan graves que presentan esta clase, su uso se limita principalmente a la vegetación forestal y en las áreas de pendientes menos abruptas, a potreros con muy cuidadoso manejo.

En general requiere un manejo extremadamente cuidadoso, especialmente en relación con la conservación de las cuencas hidrográficas.

- CLASE VIII

Suelos con las más severas limitaciones: corresponden generalmente a pendientes muy escarpadas y excesiva pedregosidad y rocosidad; muy superficiales, si planos, son improductivos en razón de una o varias de las siguientes limitaciones:

Suelos salinos, salinosódicos o rocosos, playas de arena, manglares, inundaciones por más de 8 meses en el año. Deberá protegerse la vegetación natural existente, con miras a la conservación de las cuencas hidrográficas y de la vida silvestre.

Es de anotar que la clasificación agrológica no es estática; puede cambiarse cuando se tenga conocimientos más detallados de los suelos, se logre experiencia en cultivos y se obtengan nuevas informaciones. También se modificará la clasificación cuando se hagan obras de recuperación, tales como diques para controlar inundaciones, nivelaciones, remoción de piedras, etc., o se produzcan degradaciones de los suelos tales como salinización, inundaciones, erosión. En los suelos salinos el establecimiento de un drenaje adecuado permite eliminar por lavado las sales solubles, volviendo nuevamente a ser suelos normales⁵.

3.2.5. Los suelos. El suelo es una delgada capa que cubre casi toda la parte superior de la superficie de la tierra la cual presenta unas características especiales que la hace reconocer como suelo⁶, cuyo espesor varia de unos centímetros y poder alcanzar varios metros de espesor el cual tiene una relación

⁵COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Resolución No. 2965. (12 Septiembre de 1995). [on line]. 1995. [consultado 24 de enero 201]. Disponible en internet: <https://www.google.com.co/#q=cuales+son+las+caracteristicas+de+las+clases+agrolologicas+para+c+olombia>

⁶SALAMANCA SANABRIA, Rafael. Suelos y fertilizantes. Bogota.D.C.: Universidad Santo Tomas. Centro de Enseñanza Desescolarizada, 1990. 26 p.

dinámica con la vida como con los animales y vegetales que retornan al mismo, el cual es un material muy complejo y tiene puntos de vista diversificados dependiendo de la persona que formule un concepto sobre él.

El suelo hereda los minerales de la roca madre y materia orgánica, los cuales son muy importantes para las propiedades físicas de los mimos⁷. Y esta condición es de gran importancia para el desarrollo de las plantas ya que ellas pueden tener preferencias por determinados sitios en la que su producción es óptima y suelen darse en sitios específicos, mientras otras suelen ser menos exigentes o más adaptables. Esta preferencia específica se debe a una concreta exigencia edáfica que determina la producción de la planta⁸.

Entre las más importantes esta la textura que hace referencia al porcentaje del peso de la arena, limo y arcilla. Según el diámetro de las partículas expresadas en milímetros, para la caracterización de las distintas texturas se utiliza palabras como arena, limo, arcilla y fino como por ejemplo suelo franco contiene una mezcla homogénea de arcilla arena y limo. Por eso hay que tener cuidado ya que cada textura corresponde a una clase específica y el porcentaje de peso de cada fracción se localiza entre criterios de límites definidos y una vez conocidos los porcentajes se define con el triángulo de clases texturales del suelo, que contiene todas las posibles condiciones que puede tener una muestra de suelo⁹.

El pH es una característica química del suelo de gran importancia, en sus reacción algunas de las soluciones posee una preponderancia de iones de H sobre los iones de OH y por eso son ácidos y por otra parte lo contrario son alcalinos y cuando la solución del suelo muestra equilibrio entre los iones H y los OH neutral.

⁷ THOMPSON, Louis. TROEH, Frederick. Suelos y su fertilidad. 4ed. España: Revete, 1980. 3-63 p.

⁸ PULECIO TORRES, Hernando. Climatología. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. –FEDI, 1987. 82-83 p.

⁹ THOMPSON, Louis. TROEH, Frederick. Suelos y su fertilidad. 4ed. España: Revete, 1980. 3-63 p.

La exacta relación en cualquier caso es valorado en términos de la concentración de iones hidrógeno que se expresa en su pH y este es igual al logaritmo del recíproco de la concentración de iones H.

$$pH = \text{Log} \frac{1}{[H]}$$

Y se dice que un suelo es ácido si un pH es menor de 7, neutro si es 7 y alcalino o básico si su pH es mayor que 7¹⁰.

Cuadro 1 clasificación del pH

Categoría	Valor Ph
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1-6.5
Neutro	6.6-7.3
Medianamente alcalino	7.4-8.5
Fuertemente alcalino	8.5

Al aumentar los iones H de una solución, el pH disminuye viceversa como también a medida que aumenta la concentración de iones el OH, el PH aumenta proporcionalmente. Ya que este puede influir mucho en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas y en la influencia que ejerce en la asimilación de varios elementos esenciales.

3.2.6. El clima en la vegetación. La superficie terrestre está rodeada por una enorme masa de aire en movimiento cuyo comportamiento varía ligeramente o bruscamente de un día a otro y tiene gran importancia en distintos aspectos

¹⁰ SALAMANCA SANABRIA, Rafael. Suelos y fertilizantes. Bogotá.D.C.: Universidad Santo Tomas. Centro de Enseñanza Desescolarizada, 1990. 26 p.

ecológicos, por eso los seres humanos analizan diariamente como cambia constantemente la temperatura, la humedad y vientos que constituyen el tiempo atmosférico. Por eso es estudiado durante periodos de años para poder analizar el comportamiento atmosférico ya que este sigue unas pautas determinadas para determinar el clima de un lugar¹¹, y es uno de los factores ecológicos de gran importancia sobre la vegetación por ser un limitante del desarrollo por estar directamente e indirectamente sobre la formación de los suelos, de los factores más relevantes tenemos:

- La precipitación.

La disponibilidad del recurso hídrico en el suelo es muy importante para la supervivencia de las plantas, ya que estos pueden alcanzar una proporción hasta de 80% de este líquido el cual también le facilita la toma de nutrientes y la circulación por la planta. Por lo tanto analizar la precipitación como expresión de la disponibilidad de agua comprendiendo la cantidad total y su distribución en relación a todo un año.

La presencia de vegetación influye en la disponibilidad hídrica y se puede simplificar en la expresión del ciclo hidrológico, ya que la precipitación de un lugar tiene unos factores como son la escorrentía, interceptación, infiltración, evaporación y transpiración¹².

Para la determinación de los promedios de precipitación el método más exacto es el de las isoyetas basándose en la localización de las estaciones meteorológicas con la cantidad de lluvia en ellas, se grafica en un mapa adecuado y se dibujan las líneas de igual precipitación promedio, para el área se pondera entre isoyetas sucesivas. Este método permite usar e interpretar toda la información disponible y

¹¹ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Geografía e informática. Guía para la interpretación de cartografía climatológica. México. D.F: El Instituto, 2005. p 1-2

¹² SERRADA, R. Influencia de los factores ecológicos en la vegetación. [on line]. En: Apuntes de selvicultura. Madrid: EUIT Forestal. 2008. P. 83-133. [Citado el 01 febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://www.secforestales.org/web/images/serrada/41facecol.pdf>

en este caso debe representar un factor cercano al real de la precipitación media que el que se puede obtener en las cantidades medidas¹³.

- La temperatura.

Es una medida de calor en un medio determinado de la atmosfera y se efectúa midiéndose en aires de diversas alturas y condiciones, siendo la que más interesa aquella que se concentra cerca de la superficie terrestre variando en las condiciones por ejemplo en la sombra disminuye considerablemente por eso la toma de los datos se debe realizar en una zona expuesta a la radiación solar y que no presente ninguna interferencia. Para la determinación de la temperatura promedio anual se requiere la toma de datos de varios años consecutivos mínimo diez años y con esto tenemos las condiciones térmicas promedios de la denominación de un lugar y para determinación de la distribución en una rea se utiliza un método similar al de las isoyetas llamado isolineas o isotermas¹⁴.

Estos son datos son de gran importancia para la implementación de una especie vegetal ya que cada planta necesita de un precisa o determinada cantidad de energía para el desarrollo de su ciclo vegetativo¹⁵.

3.2.7. Proceso analítico jerárquico (PAJ). La evaluación multicriterio es el proceso analítico jerarquizado (PAJ-AHP Analytic hierachy process) que está diseñada para reflejar la manera de pensar de la gente ante problemas complejos, asumiendo que mediante la comparación de pares de criterio es posible derivar la importancia

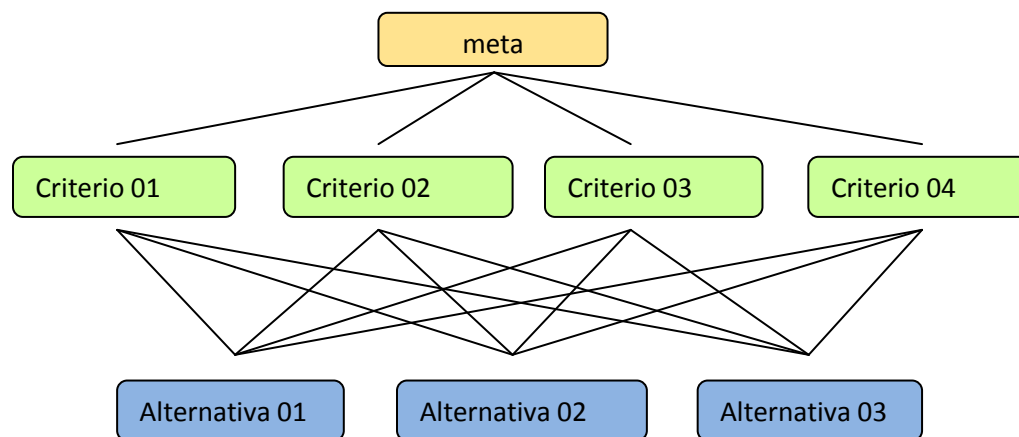
¹³ LISLEY KOHLER, Paulus. Hidrología para ingenieros. 3ed. México.: McGraw-Hill, 1986. p 66-67.

¹⁴ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Guía para la interpretación de cartografía climatológica. México. D.F: El Instituto, 2005. p 1-2.

¹⁵ SERRADA, R. Influencia de los factores ecológicos en la vegetación. [on line]. En: Apuntes de selvicultura. Madrid: EUIT Forestal. 2008. P. 83-133. [Citado el 01 febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://www.secforestales.org/web/images/serrada/41facecol.pdf>

relativa de estar basándose en valores o juicios que expertos le dan a los distintos problemas¹⁶, conocido como el método Saaty desarrollado por Thomas L Saaty en la década de los 70, siendo una técnica que se basa en principios matemáticos y psicológicos. El PAJ es particularmente aplicado en la toma de decisiones grupales y en la toma de decisiones individuales con gran éxito en los distintos campos que se han implementados como por ejemplo; la industria, gobierno, salud, educación entre otros.

Figura 1 diagrama de jerarquización.



Fuente: Utilizando el proceso analítico jerárquico (PAJ) para seleccionar y priorizar proyectos en una cartera.

Ya que con esto en vez prescribir una decisión correcta, el ayuda a encontrar la alternativa que mejor satisface las metas establecidas con base en el conocimiento que se tiene el problema y con lo que se proporciona un marco de trabajo racional con el cual se puede estructurar un problema de decisiones al respetar y cuantificar

¹⁶ OLIVOS GALLEGOS, Uriel Esac... [y otros]. Áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. [on line]. México. En: FITOTEC. 2007. vol. 30 N 4. [Citado 2014-Febrero-3]. p 414. Disponible en internet: <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/30-4/8a.pdf>

los elementos que lo conforman, adicionalmente permite relacionar los elementos del problema con la meta que se quiere alcanzar así como evaluar las alternativas de solución que se han establecido. Basándose en la construcción de una matriz para expresar los valores relativos de una serie de atributos que se relacionan con una serie de alternativas de decisión y que por lo general son intangibles, con esto se establece una serie de comparaciones de criterios que directamente afectan al problema de decisión y con esto se determina si un criterio es más importante, igualmente importante, menos importante o menos importante que otro criterio¹⁷.

Cuadro 2 Escala fundamental utilizada en la comparación por pares.

INTENSIDAD DE LA IMPORTANCIA	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	Igual importancia	Los dos criterios contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada importancia	Experiencia o juicio favorable ligeramente un criterio sobre otro.
5	Fuerte importancia	Experiencia o juicio favorable fuertemente un criterio sobre otro.
7	Muy fuerte importancia	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre otro; su dominio está demostrado en la practica
9	Extremada importancia	La evidencia de que un criterio es favorecido sobre otro es la más alta posible
Recíprocos (1/3, 1/5, 1/7, 1/9)	Si a un criterio <i>i</i> se le asigna un valor mayor a cero, al compararlo con otro criterio <i>j</i> , entonces <i>j</i> tiene el valor recíproco al compararlo con <i>i</i> .	Suposición razonable de la comparación de criterios

Fuente: Áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG

¹⁷ LINARES, Frank. El Proceso Analítico Jerárquico: Cómo Tomar Mejores Decisiones. México: Universidad Insurgentes. Coordinación de Cultura e Identidad Universitaria, 2013. p. 1-9.

La cual transforma las comparaciones que en la gran mayoría de veces son empíricas en valores numéricos que son procesados y comparados en el peso que presenta cada factor, permitiendo la evaluación de cada uno de los elementos dentro de la jerarquía definida y es lo que la distingue esta técnica.

Por eso teniendo las comparaciones y que se halla establecido los pesos relativos entre cada uno de los criterios a ser evaluados, calculando la probabilidad numérica de cada alternativa para cumplir con la meta propuesta y cuanto mayor sea la probabilidad más posibilidades tiene la alternativa para satisfacer la meta final del problema planteada¹⁸.

3.2.8. Análisis multicriterio en el entorno de los SIG. Es una técnica que no se ha desarrollado por completo en el campo de los SIG, y es un entorno que está representado por objetos, unidades espaciales, celdas en el modelo raster, polígonos líneas o puntos en el modelo vectorial que presenta un modelo vectorial que representa un sitio individual en una capa temática de objetos especiales de la cual se puede formar una gran cantidad de alternativas a partir de una capa temática y la cual puede determinar por su aspecto el uso de una clase de análisis multicriterio, específicamente en la comparación por pares lo que plantea un problema de implementación de los procedimientos en los actuales sistemas informáticos ya que en la mayoría de los casos de los análisis multitemporales se han desarrollado para evaluar un pequeño número de alternativas, sobre la base de un número limitado de criterios¹⁹.

¹⁸ VARGAS, Ricardo Viana. Utilizando el proceso analítico jerárquico (PAJ) para seleccionar y priorizar proyectos en una cartera. Brasil [on line]. Ángel Águeda Barrero (Traduc), 2012. 25 p. [Citado 17 de Marzo de 2014], Disponible en internet: [http:// www.ricardo-vargas.com/wp-content/uploads/downloads/articles/ricardo_vargas_ahp_proyect_selection_esp.pdf](http://www.ricardo-vargas.com/wp-content/uploads/downloads/articles/ricardo_vargas_ahp_proyect_selection_esp.pdf)

¹⁹ BARREDO CANO, José. GÓMEZ DELGADO, Monserrat. Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. 2ed. México. D.F.: Alfaomega, 2005. P.47-49.

3.2.9. Características ecológicas de las especies bajo estudio.

3.2.9.1. Monografía de la especie *Eucalyptus*.

Nombre científico: *Eucalyptus grandis* W.H.LL ex Maid

Familia: *Myrtaceae*

Es una especie que tiene su origen natural en las zonas costeras de Nueva Gales del sur y Queensland en el continente Australiano, que ha tenido una gran acogida en el continente americano por su adaptación y su excelente desarrollo.

En condiciones naturales es un árbol que puede alcanzar una altura de 60 metros de altura y 2 metros de diámetro, para América se han tomado unos requerimientos ambientales tales como:

Temperatura: un promedio anual que oscila (24-32°C) y las mínimas de (3-8°C).

Precipitación: se ha establecido en un rango de (110-3500mm/año).

Altitud: en el trópico se han implementado plantaciones hasta los 2700m.s.n.m.

Suelos: requiere suelos húmedos profundos que estén bien drenados de origen volcánico o aluvial, tolerando pequeños periodos de inundaciones; aunque es una especie que se desarrolla en suelos pobres desde los arcillosos a arenosos y ácidos.

Características y uso de la especie

Es una especie de rápido crecimiento con altos volúmenes de madera de color rosado a rojizo claro, la cual presenta un peso específico que va desde 0,4 hasta 0,7m g/cm³ moderadamente dura, que se raja o tuerce con facilidad al secar, es fácilmente trabajable y se implementa en ebanistería de mediana calidad.

Usos: Construcción en general, Postes, Cercas, pulpa de papel, Obtención de chapas, Tableros aglomerados, Puntales para minas, Leña, Ornamental, Apicultura, Cortinas rompevientos y Cercas vivas.

Establecimiento en plantaciones.

La distancia adecuada entre plantas depende del sitio y de los objetivos de la plantación. En sitios fértiles madera para leña y pulpa hasta 2000 árboles por hectárea y madera por aserrío una densidad inicial de 1000 árboles por hectárea.

No requiere una preparación particular del suelo, la cual incluye eliminación de maleza, trazado de líneas de plantación con curvas de nivel y aperturas de hoyos de 30x30 cm si el suelo es muy compactado.

En sistemas agroforestales es asociado como sombra de café, cercas vivas y cortinas rompe vientos

Es una especie que presenta buena poda natural y esta práctica no es necesaria sin embargo si no hay mucha competencia entre ellas se forman ramas gruesas en la parte baja del fuste y se crea la necesidad de aplicar la práctica de la poda²⁰.

3.2.9.2. Monografía de la especie *Pinus*.

Nombre científico: *Pinus maximinoi* H.E Moore

Familia: *Pinaceae*

Es una especie que tiene origen en centro América y México con unas características ambientales:

Temperatura: promedio anual de (18-22°C) soportando máximas de 40°C y una mínima de -1°C.

Precipitación: está dentro de un rango de (1000-2000mm/año).

Altitud: presenta un rango de distribución desde (600-2400 m.s.n.m).

²⁰ UGALDE ARIAS, Luis a. Resultado de 10^a años de investigación silvicultural del proyecto madeleña en honduras. [On line]. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza CATIE. Costa Rica.: 1997. 32-35 p. [Citado 24 de febrero de 2014], Disponible en internet: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3988E/A3988E.PDF>

Suelos: necesita suelos con textura francas a franco arcillosas, profundos con buen drenajes

Ph: ácido de 4.2 a 6.5²¹.

Es una especie de rápido crecimiento, la madera tiene un peso específico de 0,46g/cm³ la cual es implementada para aserrío y celulosa.

Usos: restauración y protección, agroforestal, ornamental, postes, durmientes, tableros particulados, pulpa de papel y leña.

Establecimiento en plantaciones.

Es en una especie que se establece 1000 árboles por hectárea para un buen desarrollo y que requiere una preparación básica del terreno como el deshierbe especialmente de gramíneas, trazado en tres bolillos en 3x3 mts entre planta y una apertura de hoyos de 40x40 cm.

²¹ *Pinus maximinoi* H.E. Moore. México. Conafor. [s.f]: 6p. [citado 24 de febrero de 2014] Disponible en internet: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/970Pinus%20maximinoi.pdf>

3.3. MARCO LEGAL

De acuerdo a la constitución de 1991 en el artículo 8 dice que es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación. De este, se derivan las obligaciones relacionadas con la protección del ambiente y los recursos naturales.

- De acuerdo con el artículo 9 del Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente señala los siguientes principios para orientar la acción ambiental en Colombia.
- “Los recursos naturales y demás elementos ambientales deben ser utilizados en forma eficiente, para lograr su máximo aprovechamiento con arreglo al interés general de la comunidad y de acuerdo con los principios y objetos que orientan este código.
- Los recursos naturales y demás elementos ambientales son interdependientes. Su utilización se hará de manera, que, en cuanto sea posible, no interfieran entre sí.
- La utilización de los elementos ambientales o de los recursos naturales renovables debe hacerse sin que lesione el interés general de la comunidad, o el derecho de terceros; los diversos usos que pueda tener un recurso natural estarán sujetos a las prioridades que se determinen y deben ser realizados coordinadamente, para que se puedan cumplir los principios enunciados en los ordinales precedentes.
- Los recursos naturales renovables no se podrán utilizar por encima de los límites permisibles, que al alterar las calidades físicas, químicas o biológicas naturales, produzcan el agotamiento o el deterioro grave de esos recursos o se perturbe el derecho a ulterior utilización en cuanto ésta convenga al interés público.

Artículo 79 de la Constitución Nacional. En el cual es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80 de la Constitución Nacional, El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Artículo 95 numeral 8 de la Constitución Nacional, Es obligación de la persona y el ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano. Art. 95, numeral

Ley 2811 de 1974- Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección del Medio ambiente, en donde se regulan los aspectos relativos al uso, manejo y preservación de los Recursos Naturales y la protección al ambiente, se determina responsabilidades de la administración y los particulares y se señalan las pautas para la utilización racional de los recursos. Todo lo anterior tiene como propósito garantizar la disponibilidad permanente de los recursos naturales tanto para las presentes como las futuras generaciones.

Artículo 202, título VIII régimen legal del medio ambiente. Regula el manejo de los suelos forestales por su naturaleza y de los bosques que contiene, que para efecto del presente código se denomina área forestal.

- Las áreas forestales podrá ser productoras, protectoras y productoras protectoras.
- La naturaleza forestal de los suelos forestales será determinada según estudios ecológicos y socioeconómicos.

Artículo 203, título VIII régimen legal del medio ambiente. Área forestal productora es la zona que debe ser conservada personalmente como bosque natural o artificial para la obtención de productos forestales para la comercialización o comercialización.

Artículo 204, título VIII régimen legal del medio ambiente. Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente como bosque natural o artificial, pero proteger este mismo recurso y otros naturales renovables.

En el área forestal protectora no debe prevalecer el efecto productor.

Artículo 230, título VIII régimen legal del medio ambiente. Se denomina plantación forestal el bosque originado por la reforestación y puede ser:

- Plantaciones forestales industriales, establecidas en áreas forestales productoras destinada a la producción directa e indirecta.
- Plantación forestal protectora-productora, se establece en área protectora en que el aprovechamiento directo o indirecto está condicionado al mantenimiento de su efecto de protección del paso.
- Plantación forestal protectora, plantación que se siembra exclusivamente para proteger o recuperar algún recurso natural renovable y que puede tener aprovechamiento indirecto.

Artículo 17, título VIII régimen legal del medio ambiente. Los beneficiarios de las aguas públicas, deberán cumplir con el plan de reforestación que para cada hoya hidrográfica que elabore el ministerio del medio ambiente.

Artículo 19, título VIII régimen legal del medio ambiente. Todos los propietarios de predios rurales tendrán la obligación de plantar y cultivar árboles en las líneas limítrofes de sus respectivas propiedades en la proporción y de las especies que se determinen para las diferentes regiones del país.

Artículo 178, título IX régimen legal del medio ambiente. Los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos.

Se determina el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región con estos factores se clasificarán los suelos.

Artículo 179, título IX régimen legal del medio ambiente. El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en una forma de mantener su integridad física y su capacidad productiva suelos.

Artículo 184, título IX régimen legal del medio ambiente. Los terrenos con pendiente superior a la que se determine de acuerdo con las características de la región deberán permanecer bajo cobertura vegetal. También según las características regionales, para dichos terrenos se fijarán prácticas de cultivo o conservación.

Artículo 32, título IX régimen legal del medio ambiente. El suelo de expansión urbana está constituido por la porción del territorio municipal destinada para la expansión urbana, que se habilitará durante la vigencia del plan de ordenamiento territorial, según lo determinen los programas de ejecución.

Artículo 33, título IX régimen legal del medio ambiente. El suelo rural constituye suelos no aptos para el uso urbano por razones de oportunidad o por destinación de usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.

3.4. MARCO CONCEPTUAL

CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS: el propósito fundamental es evaluar las características y propiedades permanentes de la tierra y determinar el grado de limitaciones presentes; entre ellas sus condiciones topográficas y de relieve, climáticas y aquellas propias del suelo evaluados bajos niveles tecnológicos, condiciones socio-económicas y culturales. Las cuales para Colombia se ha venido adaptando a las condiciones del país.

Esta clasificación está dada en ocho clases (I a VIII) en medida que aumenta las limitaciones o suma de ellas aumenta su valor numérico. Las tierras dentro de una clase presentan características similares.

Las clases se agrupan en suelos y tierras que presentan el mismo grado relativo de riesgos y limitaciones generales y define la aptitud general para actividades agropecuarias y forestales, dentro de estas podemos encontrar subclases y agrupan dentro de una clase suelos con limitaciones generales o globales dependiendo sus características como topografía, drenaje, erosión²².

CORINE LAND COVER: Esta es una metodología que está inmersa en el programa Corine (Coordination of Information of the Environment) de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) desde el año 1995, tiene como objetivo la captura de datos numéricos y espaciales para la creación de una base de datos geográfica de usos y coberturas de la tierra a escala 1: 100.000 a través la interpretación y análisis de imágenes de satélite o fotografías aéreas plasmadas en sistemas de información geográfica, esta metodología fue adaptada en Colombia para la generación del mapa de coberturas de la tierra de la cuenca Magdalena-

²² INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá D.C.: El Instituto, 1995. 632 p.

Cauca en el año 2004. La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000.

SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG): Es un sistema informativo que permite la gestión y análisis de datos espaciales, que presentan atributos y los cuales deben presentar confiabilidad con datos espaciales.

Sistema para captura, almacenamiento, chequeo, integración, manipulación y análisis de los datos que están referidos en la superficie de la tierra²³.

²³ GOMEZ GOMEZ, Jorge Hernando y QUIROGA ARCINIEGAS, Vanessa Mercedes. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería civil, 2005. 173 p.

4. METODOLOGIA

Para la determinación de las áreas con posible potencial productivo, se implementó una metodología cuantitativa-cualitativa para la evaluación de variables en el área de estudio como altitud, clima, suelo, y topografía para determinar los requerimientos agroclimáticos que necesitan las especies con posibilidad a implementar.

Con la cual se manejó la información primaria y secundaria de fuentes como documentos descargados de internet, artículos científicos, proyectos existentes en la Universidad Industrial de Santander sobre estudios afines, y salida de campo para toma de datos y verificación de información que aportaron datos importantes para la elaboración del proyecto realizado.

4.1. ANALISIS DE COBERTURAS Y ÁREAS DE EXCLUSIÓN

Se determinaron los tipos de coberturas presentes en el área de estudio por medio de imágenes obtenidas en el buscador google earth dadas para el año 2013 y la interpretación se realizó mediante digitalización en el programa ArcGis con el cual se determinaron los patrones y unidades representativas detalladas como unidades específicas. Con el uso de la metodología CLC (CORINE land cover) a escala 1:100000 usada para el presente trabajo a escala 1:75000 debido a que las coberturas vegetales presentes en el municipio de Málaga son homogéneas y se puede implementar la leyenda establecida en la CORINE land cover. Corroborando con visitas de campo y evidencia fotográfica de las distintas coberturas identificadas.

Teniendo como base el mapa de coberturas se determinó las áreas de exclusión por su valor de importancia debido a sus aportes ecológicos en cuanto a conservación y protección.

4.2. CARACTERIZACIÓN CLIMATICA DEL AREA DE ESTUDIO.

Las condiciones climáticas es un factor muy importante a valorar para obtener datos sobre precipitaciones y temperaturas promedios del sitio de estudio, con los se caracterizaran rangos de distribución en los que se pueden implementar las especies formuladas; utilizando los métodos de isoyetas y gradiente altitudinal de temperatura.

Para la caracterización de los rangos de precipitación y temperatura fue necesario obtener datos de estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio ubicada en los municipios de Capitanejo, Carcasi, Molagavita, San Andres y Cerrito en la vereda Tinaga, con un periodo de acumulación de información de 8 años suministrados por el IDEAM entre los años 1999 y 2006.

Para la elaboración del mapa de isoyetas se realizó con la ayuda del programa ArcGis el cual debe disponer promedios anuales de precipitación para procesarlo con la herramienta Spline ubicada en 3D Analyst tool-Raster interpolation, en Spline se introdujeron los datos y estaciones meteorológicas seleccionando el campo de los promedios lo cual generó un Raster en el cual se interpolaron los datos entre estaciones meteorológicas.

Este proceso de interpolación estima valores usando una función matemática que minimiza la curvatura suavizando la superficie²⁴.

Para la determinación de los rangos altitudinales se implementó métodos matemáticos como la regresión lineal y la interpolación para la corroboración, ofreciendo datos para las alturas cada 30 metros que se ofrecieron en el mapa de curvas de nivel.

²⁴ FRANCO, Rodolfo. Ejemplo para la generación de isolineas en arcgis. Bogotá. D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. [On line]. 2014. [Citado 30 de octubre del 2014]. Disponible en internet: http://mixdyr.files.wordpress.com/2012/09/ejemplo_isolineas_arcgis.pdf

4.3. CARACTERIZACIÓN TOPOGRAFICA Y ALTITUDINAL.

La topografía es otro factor importante que determina la erosión de un suelo y la posibilidad de labranza y tiene influencia primaria sobre la aptitud agrícola de la tierra²⁵.

Para la generación de las curvas de nivel se partió de un raster o TIN, por ser líneas que conectan todas las ubicaciones continuas con un mismo valor de altura en el TIN de entrada, utilizando la extensión 3D Analyst de ArcGis. Mediante el comando de análisis de superficie se creó una serie de curvas de nivel con un intervalo de curvas de nivel determinado para toda la superficie guardándolo en una clase de entrada con un atributo de altura.

Los raster y los TIN modelan la pendiente de una superficie de determinadas formas, en un raster se calcula para cada celda ajustando un plano en los valores Z de cada celda y sus ocho celdas circundantes, la pendiente se convierte en el valor de la pendiente en un nuevo raster. Las cuales se identificaran con una inspección en campo de los distintos rangos de distribución de las pendientes.

Con lo cual se obtuvo el mapa de curvas de nivel para determinar los rangos altitudinales y con este el de pendientes para analizar la distribución y los rangos en los cuales se pueden implementar las especies²⁶.

²⁵ FAO. Los principales factores ambientales y de suelo que influyen sobre la productividad y el manejo. Roma. Manual on integrated soil management and conservation practices. [on line]. 2000. [citado el 3 de febrero del 2014]. Disponible en internet: <http://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/FAO-2000.pdf>

²⁶ Entender la forma de una superficie: Argis resource. [on line]. [citado el 3 de febrero del 2014]. Disponible en internet: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//00q900000043000000>

4.4. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE ÁREAS CON APTITUD.

Se seleccionaron los criterios relevantes para la caracterización de áreas que ofrecen un lugar óptimo para el buen desarrollo de las especies en estudio. Dándoles una ponderación a los aspectos de clima (temperatura y precipitación promedio), topografía (pendientes y altura sobre el nivel del mar). Con la ayuda de encuestas aplicadas a expertos que trabajan con las especies en estudio.

4.4.1. Proceso de jerarquización (PAJ). La caracterización de la aptitud de las áreas potenciales para la implementación de plantaciones de las especies en estudio bajo un entorno de SIG se implementó el método de evaluación multicriterio PAJ utilizando valores ajustados de 1 a 9 a los juicios asignados por los expertos con lo cual se determinó la contribución que tiene cada elemento de la jerarquía. Debido a la posible heterogeneidad que pueden tener los valores en la escala de medición se realizó la estandarización de los criterios en una escala común, mediante el método de comparación pareada a través del cálculo máximo Eigen, definiendo niveles de aptitud para cada subcriterio, representando el cumplimiento ideal hasta un cumplimiento marginal de un subcriterio como se indica en el cuadro 2.

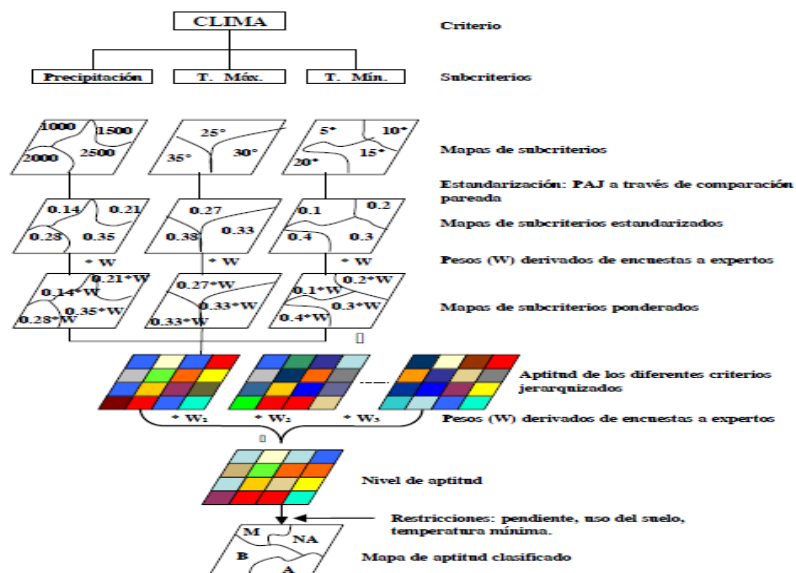
Generando salidas temáticas en las cuales se muestran los distintos tipos de aptitud que presenta el municipio de Málaga en cuanto a factores de precipitación, temperatura y pendientes para la posible implementación de plantaciones forestales de las especies analizadas.

4.4.2. Determinación de la aptitud del área de estudio implementado SIG.

Asignados los valores de importancia de cada criterio se generan el mapa de aptitud mediante una sumatoria lineal jerarquizada implementado en el software, que consiste en la multiplicación de los criterios de cada mapa, estandarizado por su peso seguida de las sumatoria de todos los criterios y ponderación de los valores obtenidos.

El proceso para la elaboración de las bases digitales se realizó con la información del área de estudio, mapa de altitud, isoyetas, isotermas, pendientes. Creando un formato vectorial, transformándolo en un raster para analizarlo y obtener resultados, determinar la aptitud de las áreas estudiadas y realizar la exclusión de áreas por su importancia ecológica.

Figura 2 Modelo cartográfico implementado para localizar espacialmente las áreas para el establecimiento.



Fuente: Áreas con aptitud para establecer plantaciones de magey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG.

4.5. CARACTERIZACIÓN EDAFICA.

Se corroboro los datos ofrecidos sobre la geomorfología, realizada con bibliografía y salidas de campo para la toma de muestras que garantizo la veracidad de la información, ajustadas a las unidades ofrecidas en el EOT para Málaga.

Teniendo como base las mejores ponderaciones encontradas en el análisis multicriterio (PAJ). Se analizaron las siguientes características edáficas básicas para la posible implementación de las especies forestales en estudio, con el cual se dio un criterio de valoración individual de cada característica que dependió del análisis edáfico, si cumple o no con las necesidades básicas requeridas por las dos especies.

Para la determinación de las áreas a evaluar se tomó como referencia la cota más alta de desarrollo de una de las especies en estudio y de ese límite hacia abajo se evaluó. Realizando un cruce de la geomorfología y geología lo cual generó polígonos de cruce que se unificaron según criterio de los evaluadores y se procedió a la recolección de muestras.

4.5.1. Determinación del espesor del horizonte A. La capa superior del suelo es denominada como horizonte A o suelo superficial es la más rica en materia orgánica de origen vegetal y de color oscuro, siendo el sector donde ocurre la mayor parte del desarrollo radicular.

Por la anterior razón se determinaron los espesores que presentan los horizontes A en las distintas áreas muestreadas. Categorizándolas en base al cuadro número 3 ajustado por los autores del proyecto en base a profundidades efectivas. De lo cual se sugerirán las que presentan mejores condiciones para el desarrollo de las plantas²⁷.

²⁷ THOMPSON, Louis. TROEH, Frederick. Suelos y su fertilidad. 4ed. España: Reverte, 1980. 3-63 p.

La cual se realizó observando el corte transversal de suelo situado en el costado superior de las vías que pasan por los polígonos de las áreas de muestreo.

Cuadro 3 Categorización del espesor del Horizonte A del Suelo.

CLASE	ESPESOR HORIZONTE A (cm)
Muy superficial	< 25
Superficial	25-50
Moderadamente profunda	50-100
Profunda	>100

4.5.2. Clasificación de los separados del suelo. Se implementó el método mecánico de tamizado, tomando muestras dentro de las áreas homogéneas de mejor ponderación en (PAJ) cerca o en el área que se realizó el análisis transversal del terreno para la determinación del horizonte A.

Se tomaron muestras cerca de caminos o cercas dejando una distancia prudente para evitar una alteración significativa, eliminado la capa de vegetación, piedras, raíces, hojas y palos que pueda contener. Después se cuarteo la muestra para disminuirla sistemáticamente hasta obtener un peso final de 0,5kg identificando la muestra²⁸.

Para la determinación de los separados del suelo se utilizaron tamices con diámetros de 2, 1, 0.5, 0.25, 0.1, 0.05 y 0.002 milímetros establecida por la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América). Los cuales se colocan uno encima de otro en orden descendente en un agitador, tomando el peso retenido en cada tamiz con el cual se determina el porcentaje ofrecerá la caracterización de la distribución de las partículas²⁹.

²⁸ ALOE, Juan M... [y otros]. Análisis de suelos, guía práctica de muestreo. [on line]. México.: Investigación y desarrollo profertil. 2012. vol. 12. [Citado 2014-Febrero-3]. p 5-8. Disponible en internet: <http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/?id=128>

²⁹ BADILLO JUÁREZ, Eulalio. RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. Fundamentos de mecánica de suelos. Mecánica de suelos tomo 1. México. D.F.: Limusa, 2005. P 96-102.

Siendo categorizadas como partículas finas aquellas que presenta un porcentaje superior al 60% de partículas entre arenas finas a limos gruesos con diámetros inferiores a 1 milímetro la cual es recomendada para la implementación de plantaciones ya que facilita la penetración del sistema radicular y anclaje, las muestras con partículas uniformes con porcentajes superiores al 50% y diámetros superiores a 1 milímetro se denomina grueso pueden presentar limitantes.

Las anteriores características edáficas se confrontaron con las citadas en las clases agrologicas determinadas para el municipio de Málaga en el esquema de ordenamiento territorial para su corroboración.

4.5.3. Ph. Se implementó el método de indicador de pH con papel tornasol, permitiendo estimar cualitativamente por un cambio de color el cual depende de la naturaleza neutra, acida o básica de una sustancia. Consistiendo en la disolución de la muestra de suelo en agua destilada y posteriormente hacer contacto con la solución caracte

rizando el pH que presenta la muestra³⁰.

4.6 SALIDAS TEMATICAS

Con base en los datos que se obtendrán en cada una de las anteriores fases propuestas en la metodología se generaran salidas temáticas en las cuales se ofrecerán datos y áreas correspondientes a cada una de ellos y al final se dará un mapa correspondiente que determinara las áreas con las distintas valoraciones que

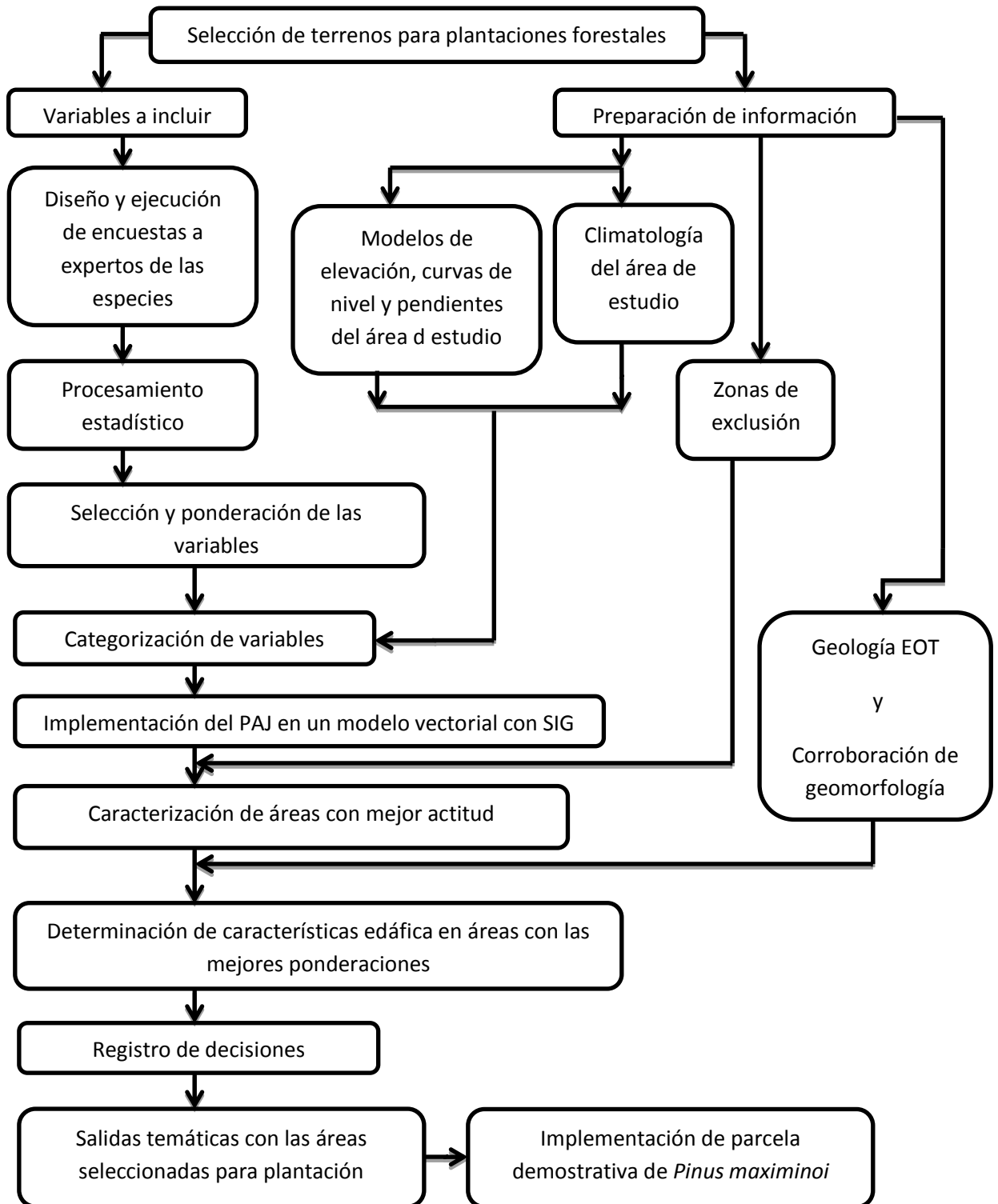
³⁰ LOZANO URBINA, Luz Amparo. ROMERO BOHÓRQUEZ, Arnold Rafael y URBINA GONZALES, Juan Manuel. Manual práctico de laboratorio I de química orgánica. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander. Facultad de ciencias. [on line]. 2013. Vol. 1, p 7. [Citado el 6 de noviembre del 2014]. Disponible en internet: http://ciencias.uis.edu.co/quimica/sites/default/files/paginas/archivos/V01Man07Orgal_MFOQ-OR.01_08072013.pdf

ofrece el área de estudio para la posible implementación de las especies forestales propuestas.

4.7 IMPLEMENTACION DE PARCELA DEMOSTRATIVA.

Teniendo como base el mapa de valoración de áreas para la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moor se seleccionó un terreno que cumple con los requerimientos básicos para su implementación, la cual consta con una cantidad representativa de individuos de la especie, diseño de implementación y manejo. De acuerdo a un análisis del área seleccionada.

4.8. DIAGRAMA DE LA METODOLOGIA DE TRABAJO



4.9. RECURSOS

4.10. MATERIALES Y HERRAMIENTAS.

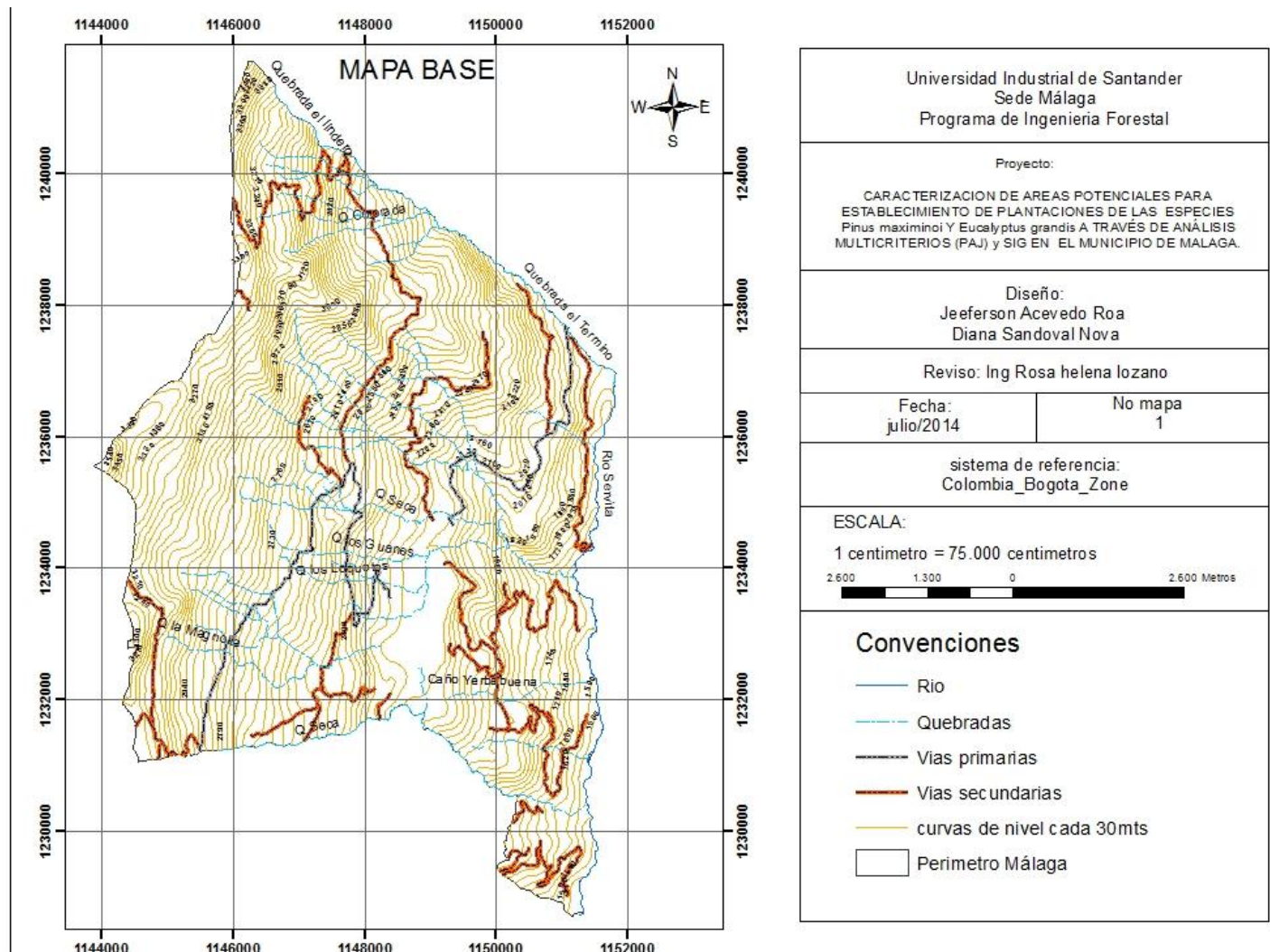
- Cámara fotográfica
- Calculadoras
- Gps
- Registros
- Herramienta menor (pala, pala draga, barra)
- Imagen del servidor google earth para el 2013, Imagen tipo spot 2006
- Libros de revisión bibliográfica
- Papelería
- Tamices con diámetros de 2, 1, 0.5, 0.25, 0.1, 0.05 y 0.002 milímetros.
- Papel tornasol
- Software ArcGis

5. ANALISIS Y RESULTADOS

5.1. MAPA BASE

Para la elaboración del mapa base se crearon curvas de nivel con ayuda de un DEM, digitalizando los planos ofrecidos por parte del EOT (Esquema de ordenamiento territorial para el municipio de Málaga), imagen spot 2006 y mosaico de imágenes del servidor google earth se obtuvo la información hidrológica, urbanística y vial que presenta el municipio como se muestra en la figura 3.

Figura 3 Mapa base para el municipio de Málaga.



5.2. ANALISIS DE COBERTURAS Y AREAS DE EXCLUSION.

La caracterización de coberturas presentes en el municipio de Málaga dispuso de material disponible en la plataforma del servidor google earth con la cual se obtiene el mosaico del área de estudio para posterior georeferenciación para el año 2013 y con ayuda de la imagen spot para el año 2006 se realiza el proceso de digitalización tomando como base las unidades de coberturas descritas en la LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA metodología CORINE Land cover adaptadas para Colombia las cuales son citadas a continuación y representadas en la figura 4.

5.2.1. UNIDADES DE TRABAJO PARA ANALISIS DE COBERTURAS.

Aeropuerto sin infraestructura asociada

Nomenclatura CLC: 1.2.4.2

Es un área diseñada para el transporte aéreo de aeronaves medianas y pequeñas que carece de espacio para el almacenamiento de los aviones no cuenta con terminal para pasajeros y se encuentra ubicada dentro del territorio urbano.

Foto 1 Aeropuerto sin infraestructura asociada.



Arbustal

Nomenclatura CLC 3.2.2

Son áreas cubiertas por vegetación arbustiva que se desarrollan de forma natural en distintas zonas climáticas presentes en el municipio desarrollándose en distintas densidades, las cuales se caracteriza por presentar tallos leñosos y alturas entre 0.5 y 5 m de altura

Foto 2 Arbustal.



Bosque denso alto de tierra firme

Nomenclatura CLC: 3.1.1.1.1

Son áreas con vegetación de porte arbórea dominada principalmente por roble (*Quercus humboldtii*) que se caracteriza por ser más o menos continuo con alturas superiores a los 15 metros de altura y en zonas que no presenten procesos de inundación.

Foto 3 Bosque denso alto de tierra firme.

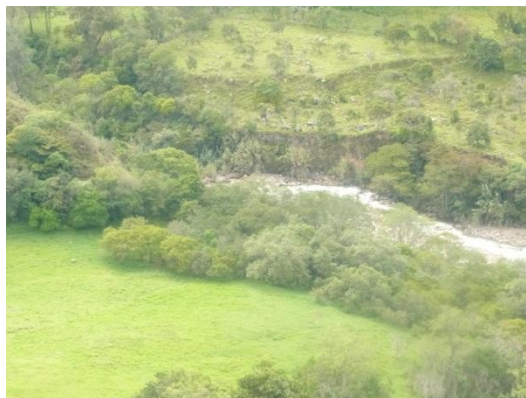


Bosque ripario

Nomenclatura CLC: 3.1.4

Son áreas constituidas por vegetación arbórea y arbustales situada a los márgenes del curso de aguas permanentes o temporales, está limitada por su amplitud y presentan una gran diversidad de especies dependiendo de la zona climática en la que se presente.

Foto 4 Bosque ripario.



Cultivo transitorio

Nomenclatura CLC: 2.1

Son áreas ocupadas con cultivos que su ciclo vegetativo es menor a un año llegando solo a ser de unos meses los cuales pueden variar a las características climáticas, clima frío y cálido los cuales se implementan en pequeñas parcelas familiares para la obtención de ingresos a corto plazo dentro de los cuales tenemos, papa, maíz, trigo, frijol, arveja, tabaco ellos principalmente.

Foto 5 Cultivo transitorio.



Cuerpos de agua artificiales

Nomenclatura CLC: 5.1.4

Corresponde a cuerpos de agua de carácter artificial para el almacenamiento de agua para el consumo humano y criadero de peces situados en las partes altas del municipio de Málaga.

Foto 6 Cuerpo de agua artificial.



Herbazal

Nomenclatura CLC: 3.2.1

Son áreas constituidas por vegetación herbácea que está desarrollada de forma natural en diferentes densidades que puede ser ($> 70\%$ de ocupación) y abierta ($30\% - 70\%$ de ocupación). Se caracteriza por ser plantas no lignificadas o apenas lignificadas, esta vegetación ha sido poco intervenida o su intervención ha sido selectiva y poco alterada su estructura original.

Foto 7 Herbazal.



Mosaico de pastos con cultivos

Nomenclatura CLC: 2.4.2

Comprende áreas ocupadas por pastos y cultivos transitorios que se caracterizan por ser de tamaños pequeños y el patrón de distribución es demasiado intrincado para caracterizar cartográficamente de manera individual, estos se caracteriza por tener presencia en las zonas más cálidas del área de estudio.

Foto 8 Mosaico de pastos con cultivos.



Pastos arbolados

Nomenclatura CLC: 2.3.2

Constituyen aquellas áreas cubiertas por pastos en las cuales se han estructurado potreros con árboles con alturas superiores a los 5 metros que se encuentran distribuida en forma dispersa y no tiene una presencia mayor al 50% del total del área. Principalmente se encuentran situados a los costados de los causes en lo que fueron bosque ripario

Foto 9 Pastos arbolados.



Pastos enmalezados

Nomenclatura CLC: 2.3.3

En esta área las coberturas están representadas por pastos y malezas o asociaciones de vegetación secundaria que no supera los 1.5 metros de altura en las cuales no presentan prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono.

Foto 10 Pastos enmalezados.



Pastos limpios

Nomenclatura CLC: 2.3.1

Son áreas ocupadas por pastos manejados y no manejados que ocupan más del 70% del área. Para lo cual se elimina la cobertura vegetal arbórea para dar paso a la ganadería extensiva lo cual con algunas prácticas tradicionales de manejo no permite el desarrollo continuo de otra vegetación.

Foto 11 Pastos limpios



Plantación forestal

Nomenclatura CLC: 3.1.5

Está constituida por plantación vegetal arbórea por intervención directa del hombre con fines de manejo forestal las cuales están enfocadas a la producción maderera y protección de áreas adyacentes a fuentes hídricas.

Foto 12 Plantación forestal.



Relleno sanitario

Nomenclatura CLC: 1.3.2.4

Es un espacio en el cual se depositan los residuos urbanos y periurbanos los cuales son acumulados en celdas elaboradas en el suelo para la compactación después de haber realizado una selección rápida de algunos elementos reciclables, la cual se encuentra fuera del área de influencia urbana.

Foto 13 Relleno sanitario.



Tejido urbano continuo.

Nomenclatura CLC: 1.1.1

Corresponde a la superficie que se presentan edificaciones y espacios adyacentes a la infraestructura en las cuales se incluyen las vías dentro de ella y cubren más del 80% de la superficie del terreno.

Foto 14 Tejido urbano continuo.



Tierras desnudas y degradadas

Nomenclatura CLC: 3.3.3

Corresponde a superficies desprovistas o de poca vegetación debido a la ocurrencia de procesos naturales o antrópicos de erosión o degradación extrema.

Foto 15 tierras desnudas y degradadas.



Red vial

Nomenclatura CLC: 1.2.2

Son áreas artificiales diseñadas para la comunicación terrestre, situadas en el área periurbana y rural clasificadas en vías primarias y secundarias.

Foto 16 Red vial.



Zonas de extracción minera

Nomenclatura CLC: 1.3.1

Son áreas que están dedicadas a la extracción de materiales a cielo abierto que en Málaga se caracteriza la extracción de piedra caliza y mármol. En las cuales no hay presencia de vegetación.

Foto 17 Zonas de extracción minera.



Zona industrial

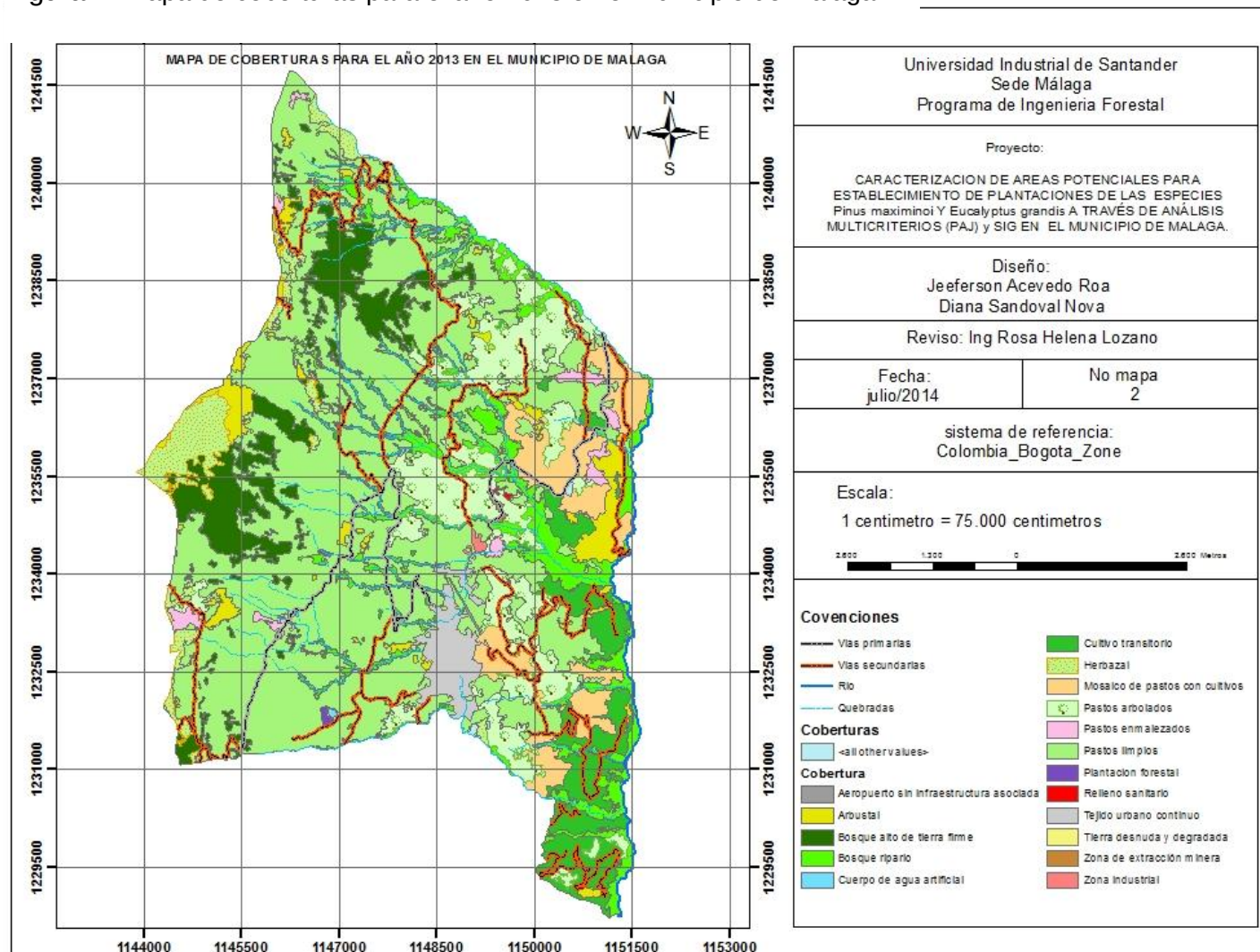
Nomenclatura CLC: 1.2.1

Es un área cubierta por infraestructura artificial en la cual no se presentan áreas verdes la principal actividades están dada por trabajos industriales y se encuentra situada a las afueras del casco urbano.

Foto 18 Zona industrial



Figura 4 Mapa de coberturas para el año 2013 en el municipio de Málaga.

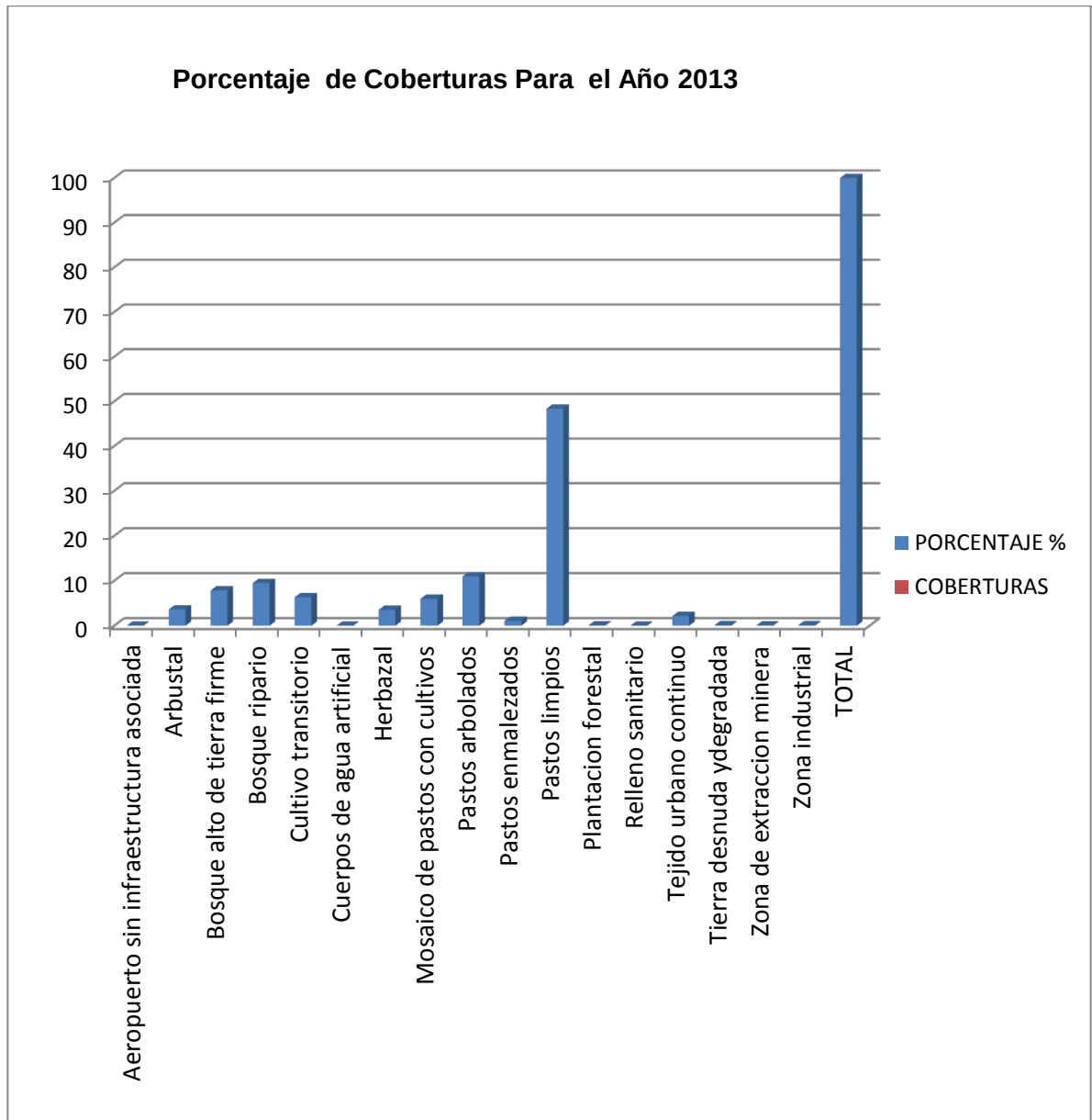


5.2.2. Tipos de coberturas para el año 2013.

Cuadro 4 Tipos de coberturas para el año 2013.

TIPO DE COBERTURAS PARA EL AÑO 2013		
COBERTURAS	AREA Has	PORCENTAJE %
Aeropuerto sin infraestructura asociada	2,68	0,05
Arbustal	208,31	3,62
Bosque alto de tierra firme	451,72	7,86
Bosque ripario	545,35	9,49
Cultivo transitorio	364,85	6,35
Cuerpos de agua artificial	1,73	0,03
Herbazal	203,31	3,54
Mosaico de pastos con cultivos	345,48	6,01
Pastos arbolados	631,00	10,98
Pastos enmalezados	63,66	1,11
Pastos limpios	2779,55	48,37
Plantación forestal	4,95	0,09
Relleno sanitario	2,24	0,04
Tejido urbano continuo	125,29	2,18
Tierra desnuda y degradada	6,19	0,11
Zona de extracción minera	3,61	0,06
Zona industrial	6,64	0,12
TOTAL	5746,55	100

Figura 5 Porcentaje de coberturas para el 2013.



los tipos de coberturas presentes en el año 2013, se observa que la cobertura de mayor presencia son los pastos limpios con un 47,68%, seguido por los pastos arbolados en 11,32%, el bosque ripario con 9,84%, los Bosques altos de tierra firme con 7,95%, los cultivos transitorios con 7,92%, los mosaicos de pastos con cultivos con 4,44%, los arbustales con 4,12%, los herbazales con 3,54%, el tejido

urbano continuo con 2,13% mientras que los pastos enmalezados, tierra desnudas y degradadas, zona industrial, plantación forestal, zona de extracción minera, Aeropuerto sin infraestructura asociada, Relleno sanitario tienen valores que no superan el 1,3% del área analizada.

5.2.3. Áreas de exclusión.

En la determinación de las zonas aptas para el posible establecimiento de plantaciones forestales de las especies propuestas, se tiene en consideración las áreas implementadas para la producción agropecuaria ya que esta actividad forestal no entra en conflicto y de esta manera se dará un mejor uso al recurso suelo.

Para la determinación de las áreas de exclusión se caracterizaron aquellas coberturas que por su importancia ecológica, áreas que se deben destinar a la protección de rondas hídricas, zonas artificiales y proyectadas para la expansión urbana, no pueden ser propuestas para la implementación de áreas forestales productoras. Las cuáles serán citadas a continuación.

a. Áreas por su importancia ecológica

Áreas naturales que garantizan la conservación de los recursos bióticos, abióticos y zonas para rehabilitación como son:

- Arbustales
- Bosque alto de tierra firme
- Bosque ripario
- Herbazal
- Tierra desnuda y degradada
- Margen de ríos y quebradas a 30 mt

b. Áreas artificiales

Áreas en las cuales el ser humano ha realizado construcciones implementadas en distintas actividades de las cuales tenemos:

- Aeropuerto sin infraestructura asociada
- Cuerpos de agua artificial
- Relleno sanitario
- Tejido urbano continuo
- Zonas de extracción minera
- Zonas industrial
- Zona periurbana

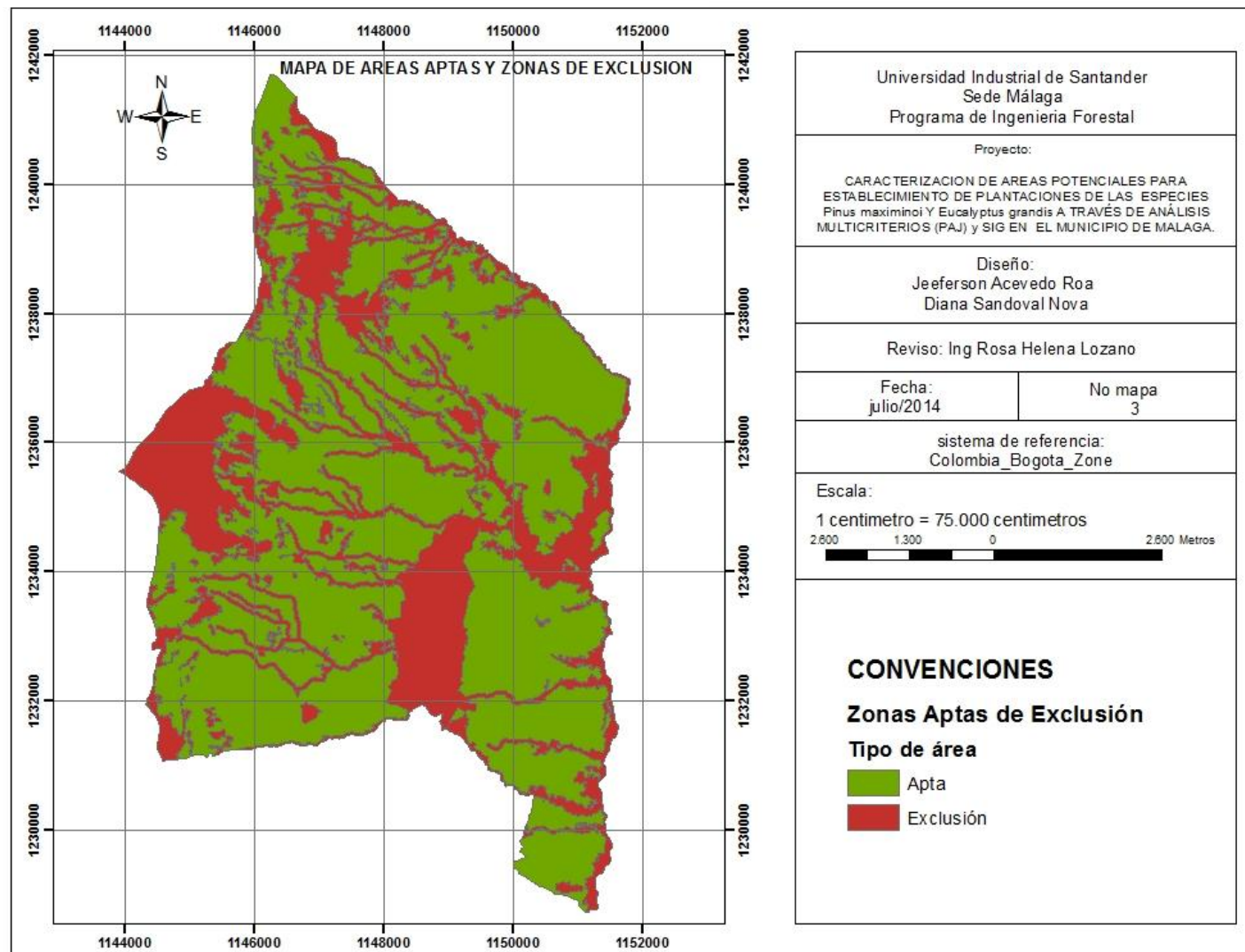
Las áreas no incluidas en las zonas de exclusión están consideradas como aptas para la posible implementación de plantaciones forestales.

Con la identificación del tipo de aptitud, se determinó que el área apta tiene una extensión de 3832,8 hectáreas que equivale al 66.7 % de la extensión y el área de exclusión con una extensión de 1909,7 hectáreas que equivale al 33,3 % del área del municipio de Málaga como se muestra en el cuadro 5 las cuales están distribuidas en todos los rangos altitudinales observándose en la figura 6.

Cuadro 5 Tipo de aptitud.

TIPO DE APTITUD	ÁREA EN HECTÁREAS	PORCENTAJE %
Apta	3832,3	66,7
Exclusión	1909,7	33,3
Total	5742	100,0

Figura 6 Mapa de áreas aptas y zonas de exclusión.



5.3. CARACTERIZACION CLIMÁTICA.

Cuadro 6 Código y ubicación de estaciones meteorológicas.

Estación	Código IDEAM	m.s.n.m	Latitud(N)	Longitud(W)
Capitanejo	24035260	1160	06° 31'	72° 41'
Carcasi	24030320	1976	06° 37'	72° 37'
Molagavita	24030340	2150	06° 40'	72° 48'
San Andrés	24030270	1702	06° 49'	72° 50'
Tinaga	24035270	2698	06° 50'	72° 42'

Fuente: IDEAM

5.3.1. Temperatura promedios anuales. La siguiente tabla contiene los datos de promedios mensuales de temperatura para el municipio de Capitanejo y Cerrito en la vereda Tinaga, desde el año 1999 al 2006, por ser las únicas estaciones climatológicas ordinarias presentes en la zona.

Cuadro 7 Promedio anual de temperatura.

Año	Promedio anual de temperatura (°C)	
	Capitanejo	Tinaga
1999	25,33	12,93
2000	25,43	13,23
2001	25,83	13,73
2002	26,03	14,03
2003	26,03	13,63
2004	26,33	14,13
2005	26,63	14,23
2006	26,33	13,43
Promedio	25,99	13,67

Fuente: IDEAM

Calculo de temperatura basado en el gradiente altitudinal

Método de regresión lineal

M = pendiente de la recta

(Y1-Y2) = Temperatura promedio de las estaciones meteorológicas

(X1-X2) = Altura de las estaciones meteorológicas

X = Valor de altura sobre el nivel del mar

Y = Valor de la temperatura que se quiere conocer

$$M = \frac{Y2-Y1}{X2-X1} = \frac{13,97-25,99}{2698-1160} = -0,007815$$

$$Y1 - Y = M (X1-X)$$

$$Y = 25,99 - ((- 0,007815) (1160 - X))$$

Ejemplo para los 2220 m.s.n.m.

$$Y = 25,99 - ((- 0,007815) (1160 - 2220)) = 17,706^{\circ}\text{C}$$

Resultados que se mostraran en el cuadro 9 y la figura 7.

Método de interpolación lineal para comparar con el método anterior basándose en el ejemplo para una altura de 2220 m.s.n.m.

Cuadro 8 datos de temperatura promedio.

Datos		
Municipio	Msnm	promedio(t)
Capitanejo	1160	25,99
Tinaga	2698	13,97

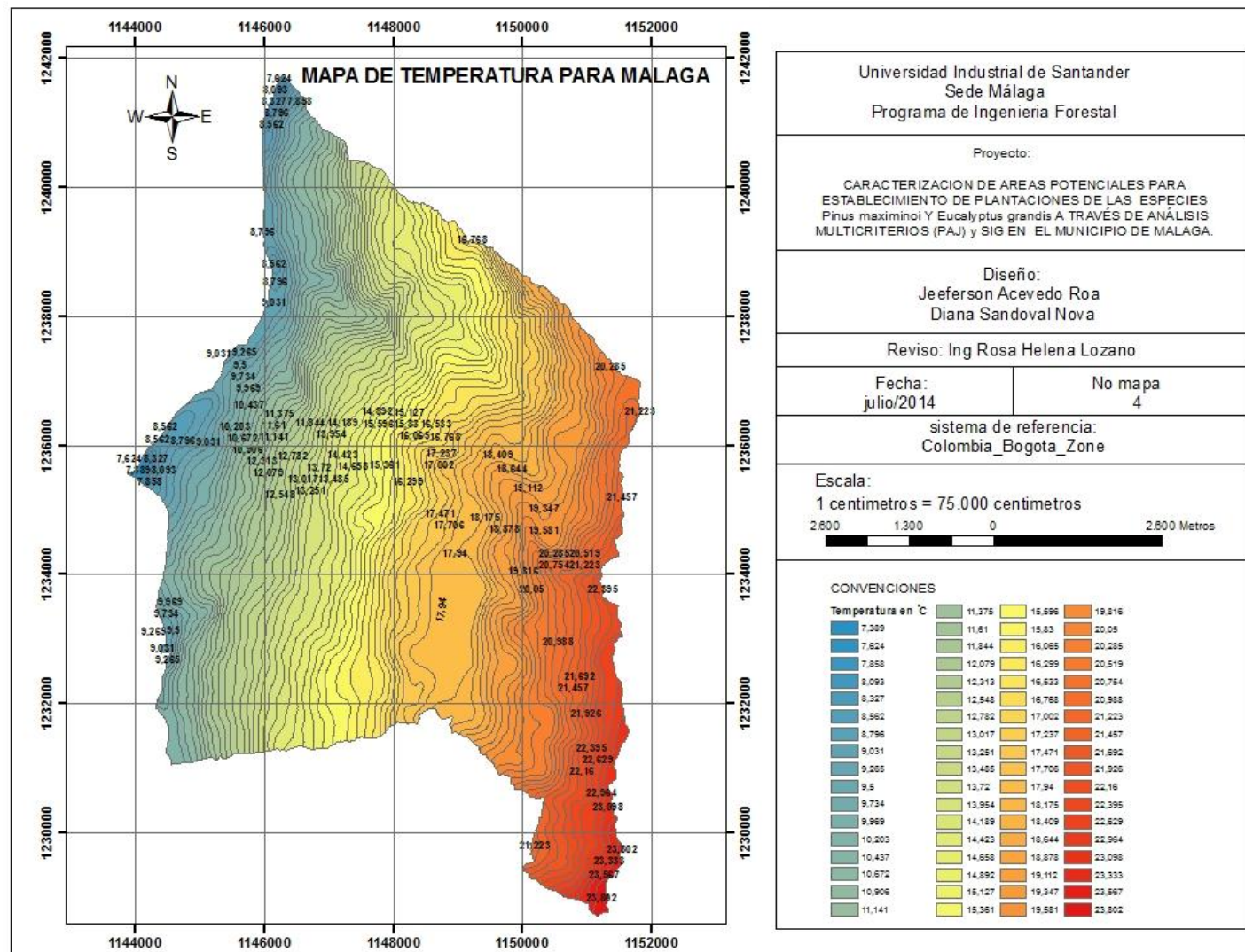
$$\left(\frac{X2-X1}{X-X1} = \frac{Y2-Y1}{Y-Y1} \right) \Rightarrow \left(\frac{2698-1160}{2220-1160} = \frac{13,97-25,99}{Y-25,99} \right)$$

$$Y = 17,706^{\circ}$$

Cuadro 9 Temperatura para los rangos altitudinales cada 30 metros en el municipio de Málaga con el método de regresión lineal.

msnm cada 30mt	temperatura en °C para cada rango	msnm cada 30mt	Temperatura en °C para cada rango
1440	23,802	2520	15,361
1470	23,567	2550	15,127
1500	23,333	2580	14,892
1530	23,098	2610	14,658
1560	22,864	2640	14,423
1590	22,629	2670	14,189
1620	22,395	2700	13,954
1650	22,160	2730	13,720
1680	21,926	2760	13,485
1710	21,692	2790	13,251
1740	21,457	2820	13,017
1770	21,223	2850	12,782
1800	20,988	2880	12,548
1830	20,754	2910	12,313
1860	20,519	2940	12,079
1890	20,285	2970	11,844
1920	20,050	3000	11,610
1950	19,816	3030	11,375
1980	19,581	3060	11,141
2010	19,347	3090	10,906
2040	19,112	3120	10,672
2070	18,878	3150	10,437
2100	18,644	3180	10,203
2130	18,409	3210	9,969
2160	18,175	3240	9,734
2190	17,940	3270	9,500
2220	17,706	3300	9,265
2250	17,471	3330	9,031
2280	17,237	3360	8,796
2310	17,002	3390	8,562
2340	16,768	3420	8,327
2370	16,533	3450	8,093
2400	16,299	3480	7,858
2430	16,065	3510	7,624
2460	15,830	3540	7,389
2490	15,596		

Figura 7 Mapa de gradiente altitudinal de temperatura.



5.3.2. Precipitación anual. El siguiente cuadro contiene los datos de promedios anuales de precipitación para las estaciones hidrometeorológicas ubicadas en los municipios de Capitanejo, Molagavita, Carcasi, San Andres y Cerrito en la vereda Tinaga, comprendidos desde el año 1999 al 2006.

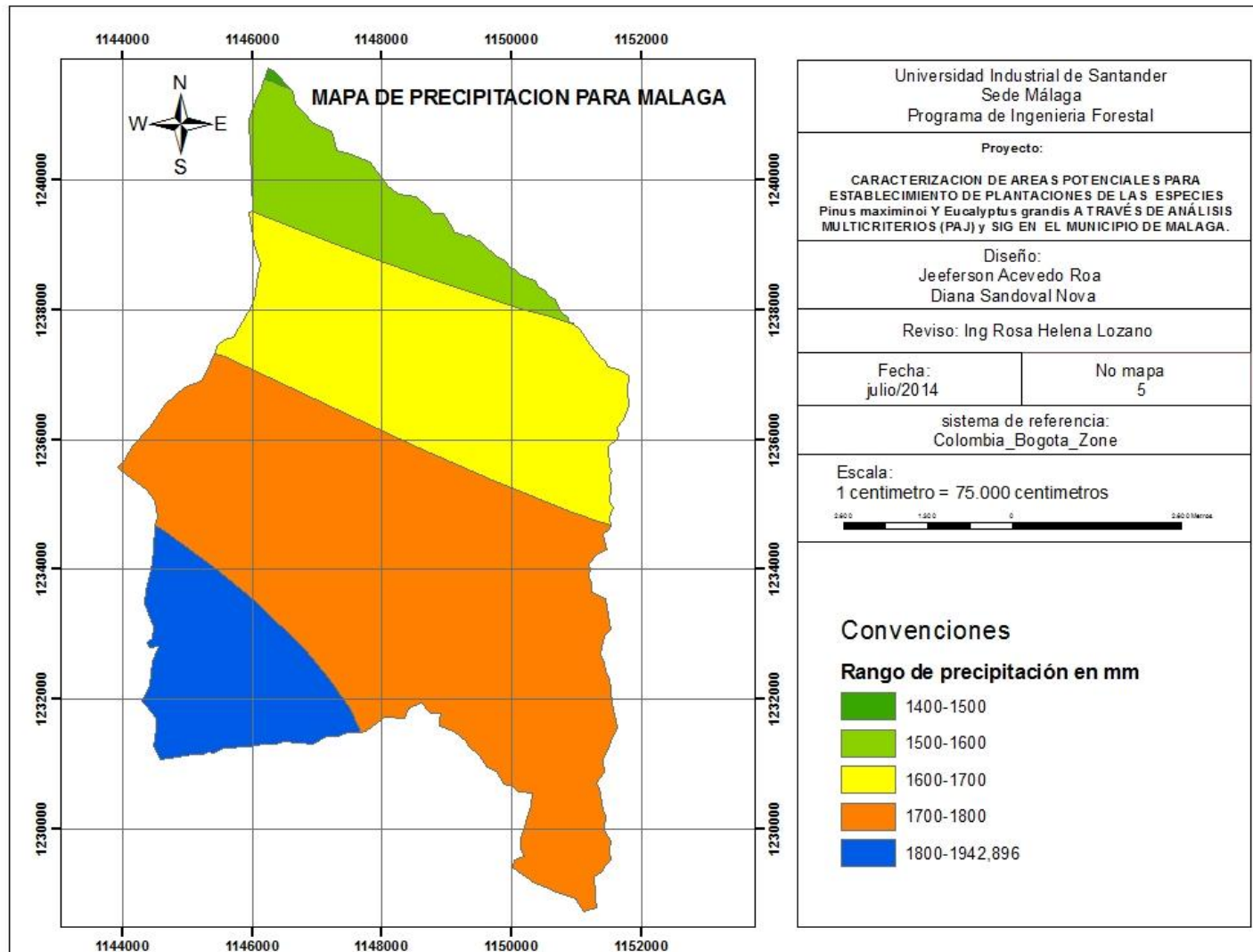
Cuadro 10 Promedio anual de precipitación.

Año	Valores anuales de precipitación (mms)				
	Capitanejo	Tinaga	Molagavita	Carcasi	San andres
1999	929,2	1453,7	2074	1426,03	1564
2000	733,4	934,2	1715	1539	1230
2001	689,9	725,6	1770	1091	1296
2002	691,03	960,6	1865,6	1381	1308
2003	849,13	1311,6	2099	2159	1734
2004	816,63	1303,73	1917	1391	1340
2005	706,1	1309,3	1924	1871	1521
2006	727,73	628,73	1916	2160,6	1561,9
Promedio	767,89	1078,43	1910,08	1627,33	1444,36

Fuente: IDEAM

Para la determinación del mapa de precipitación para el municipio de Málaga se implementaron los promedios anuales de precipitación para estaciones hidrometeorológicas ubicadas en los municipios vecinos al área de estudio mostrados en la anterior tabla. Los cuales se procesan en el programa ArcGis con la herramienta Spline que utiliza un método de interpolación que estima valores, usando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie tornándola suave que pasa por los puntos de entrada. Los distintos rangos de distribución a que se ajustó el municipio de Málaga se mostrara en la figura 8.

Figura 8 Mapa de isoyetas.



5.4. CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA Y ALTITUDINAL.

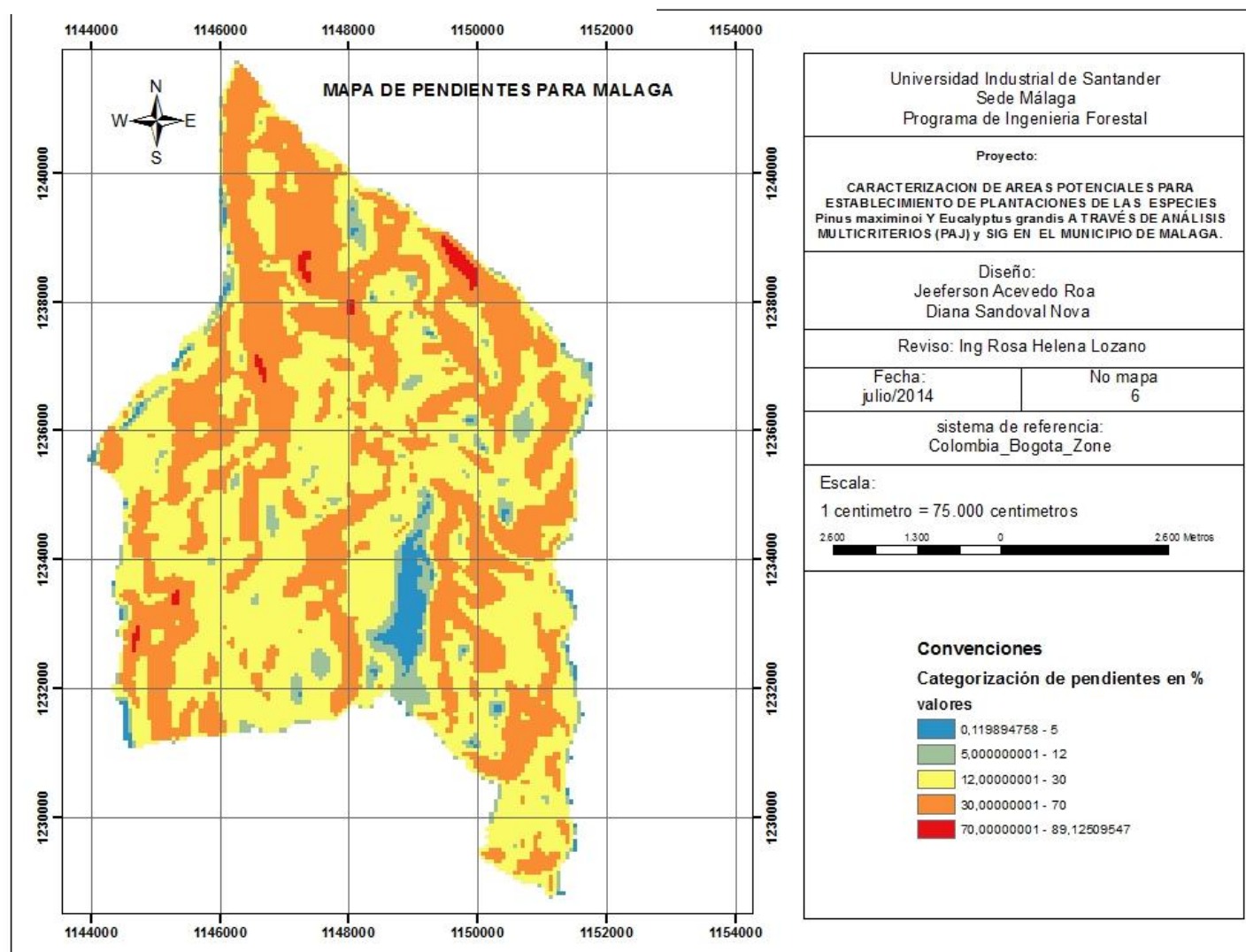
5.4.1. Pendiente. Para la caracterización de la pendientes presentes en el municipio de Málaga se necesitó un raster de superficies el cual fue procesado en el programa ArcGis con la herramienta SLOPE o pendiente la cual permite calcular la tasa máxima de cambio existente entre los valores de la celda analizada y los valores de las celdas aledañas e identificando los valores de inclinación, calculando la dirección del plano que representa la orientación de las laderas de cada celda y por lo tanto su inclinación. Las cuales se reclasificaron en intervalos dados por la CDMB (corporación de la defensa de la meseta de Bucaramanga) como se muestran en cuadro 11 y figura 9.

Cuadro 11 Clases de pendientes.

(%) Porcentaje de inclinación del terreno	Calificativo
0 a 5%	Nula a muy suave
6 a 12%	Suave
13 a 30%	Moderada
31 a 70%	Fuerte
>70	Muy fuerte

Fuente: CDMB

Figura 9 Mapa de clasificación de pendientes.



5.4.2. Rangos altitudinales para las especies. La distribución altitudinal para las especies se clasificaron en rangos de acuerdo a los estudios ofrecidos en la monografía presentada para el pino y eucalipto, ajustada de acuerdo a los requerimientos de las mismas de una manera subjetiva como se muestra los cuadros 11-13 y las figuras 10 -11:

Cuadro 12 Rango altitudinales para *Eucalyptus grandis*.

altitud m.s.n.m
Intervalo
1440-2190
2190-2700
2700-3540

Cuadro 13 Rango altitudinales para *Pinus maximinoi*.

altitud m.s.n.m
Intervalo
1440-1650
1650-2310
2310-2400
2400-3540

Figura 10 Mapa de rangos altitudinales para *Eucalyptus grandis*.

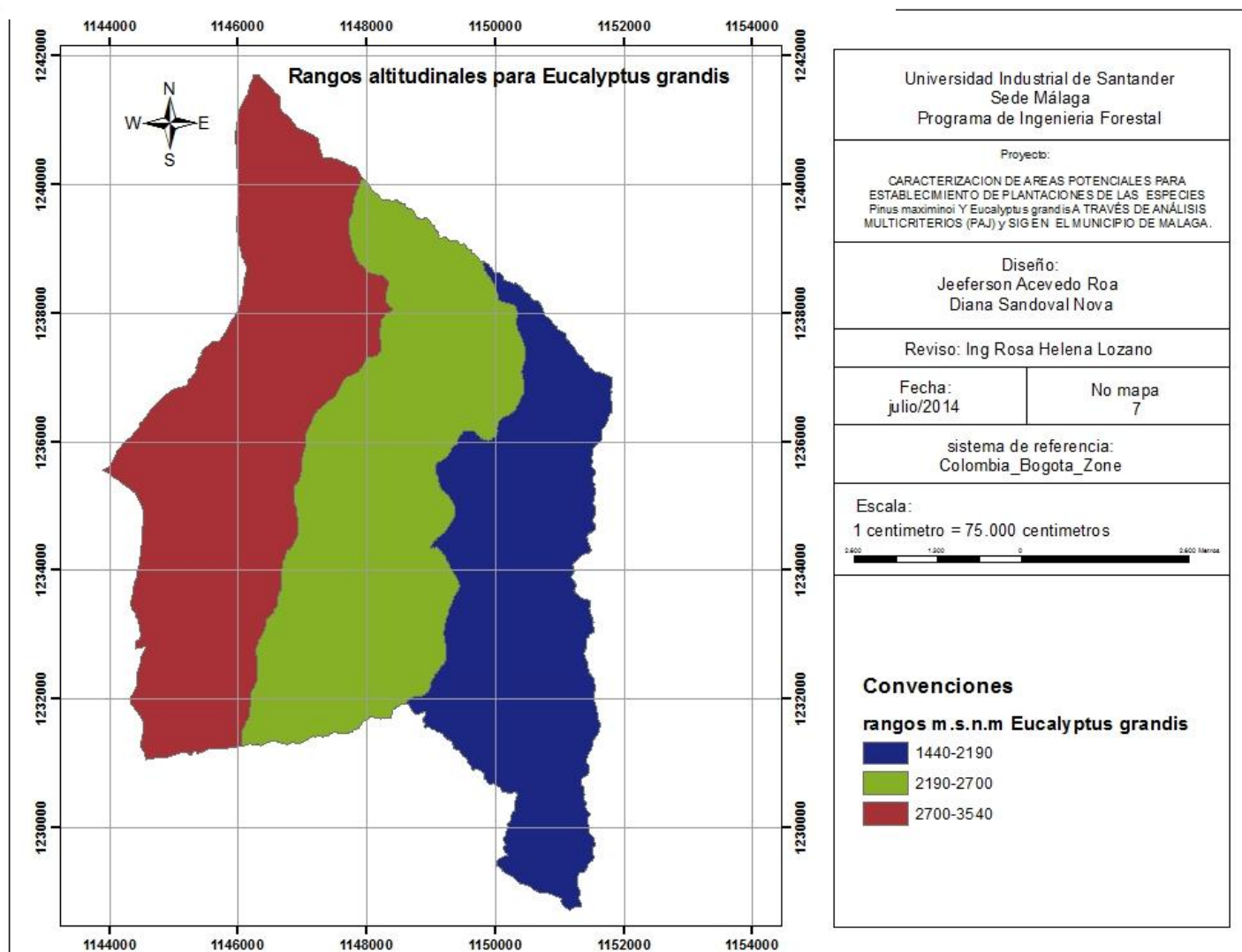
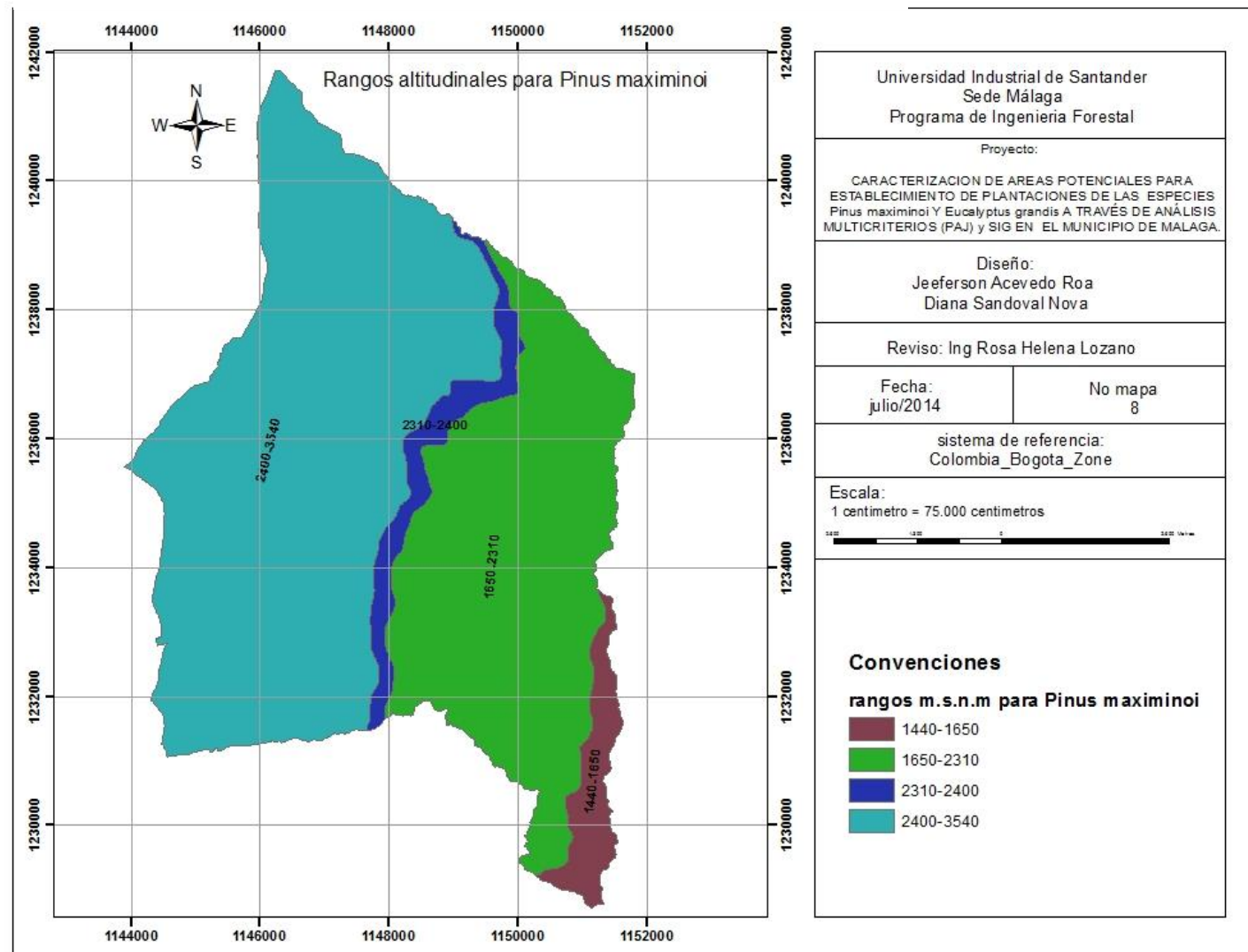


Figura 11 Mapa de rangos altitudinales para *Pinus maximinoi*.



5.5. CLASIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN PAJ DE CRITERIOS.

Se descompone el problema en una jerarquía de criterios y subcriterios con lo cual se analiza fácilmente y se comparan de una manera independiente, realizando una comparación entre pares para cada uno de los subcriterios elegidos, implementado la escala SAATY ya que se le atribuyen valores que varían de 1 a 9 y que determinan la importancia relativa de una alternativa cuando se compara con otra como se observa en el cuadro 14.

De esta manera se caracterizó la importancia de las decisiones que presenta cada uno de los intervalos dentro de los subcriterios con lo cual podemos llegar al objetivo final de caracterizar las áreas que posiblemente pueden ser utilizadas para la implementación de las especies en estudio.

Cuadro 14 Escala de comparación adecuada para análisis multicriterio para la determinación de posibles áreas potenciales para plantaciones forestales.

INTENSIDAD DE IMPORTANCIA	DEFINICION	EXPLICACION
1	De igualmente a moderadamente	Dos actividades contribuyen igualmente al logro del objetivo
2	De igualmente a moderadamente	
3	Moderada importancia	La experiencia y los juicios favorecen levemente a una actividad sobre otra
4	Moderadamente a fuerte	
5	Fuerte importancia	La experiencia y los juicios favorecen fuertemente una actividad sobre otra
6	De fuertemente a muy fuertemente	
7	Muy fuertemente	Un criterio es más favorecido sobre otro y la dominancia es demostrar
8	De muy fuertemente a extrema importancia	
9	Importancia Extrema	Favorece a un criterio sobre otro, es absoluta y clara.

Fuente: Escala Saaty de importancia relativa

5.5.1. Matriz de comparación, orden de prioridad y la inconsistencia para *Eucalyptus grandis*.

5.5.1.1. Subcriterio altitud para *Eucalyptus grandis*.

Cuadro 15 Intervalos de subcriterio altitudinal *Eucalyptus grandis*.

ALTITUD M.S.N.M	
Intervalo	Código
1440-2190	S1
2191-2700	S2
2701-3540	S3

Cuadro 16 Comparativo para el grupo de subcriterio de altitud para *Eucalyptus grandis*.

Altitud	S1	S2	S3
S1	1	3	7
S2	1/3	1	5
S3	1/7	1/4	1
Total Σ	1,476	4,250	13

Cuadro 17 Matriz de comparación para subcriterio altitud después de la normalización para *Eucalyptus grandis*.

Altitud	S1	S2	S3
S1	$(1/1,476)=0,677$	$(3/4,250)=0,706$	$(7/13)=0,538$
S2	$((1/3)/1,476)=0,226$	$(1/4,250)=0,235$	$(5/13)=0,385$
S3	$((1/7)/1,476)=0,097$	$((1/4)/4,250)=0,059$	$(1/13)=0,077$

Cuadro 18 Calculo autovector para subcriterio de altitud para *Eucalyptus grandis*.

Altitud	Autovector calculo	Autovector
S1	$(0,677+0,706,+0,538)/3$	0,641
S2	$(0,226+0,235+0,385)/3$	0,282
S3	$(0,097+0,059+0,077)/3$	0,078

Cuadro 19 Índice de consistencia aleatoria.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Cuadro 20 cálculo de porcentaje del autovalor de altitud para *Eucalyptus grandis*.

Altitud	S1	S2	S3	Autovector	%
S1	0,677	0,706	0,538	0,641	64,1
S2	0,226	0,235	0,385	0,282	28,19
S3	0,097	0,059	0,077	0,078	7,8
Total				1,000	100,000

Cuadro 21 cálculo del máximo autovalor para *Eucalyptus grandis*

vector eigen	0,641	0,282	0,078
Total suma	1,643	4,25	11
máximo autovalor	(0,641*1,643)+(0,282*4,25)+(0,078*11)= 3,110		

Tabla: tabla de índices de consistencia aleatoria (IR)

n= 3
RI 0,58

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CI = \frac{3,110-3}{3-1} = 0,055$$

Tasa de consistencia:

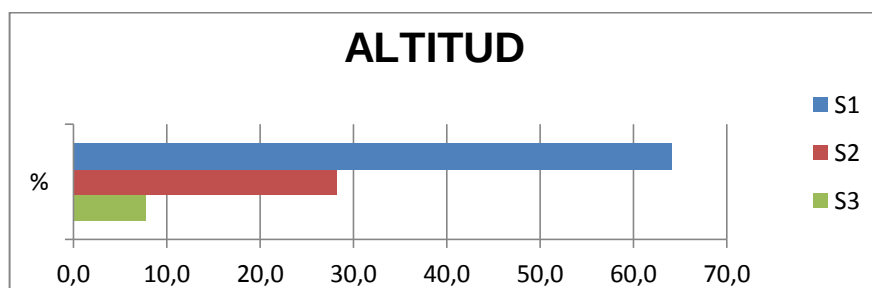
$$CR = CI / RI$$

$$CR = 0,055 / 0.58 = 0,095$$

índice de consistencia	
CI	0,055
R	0,095
%CR	9,45

El análisis del subcriterio de altitud indica que el rango S1 aporta a la meta un 64.1%, mientras que el rango S2 aporta a la meta un 28,19% y el rango S3 solo el 7,8% para el peso total del criterio como se muestra en la figura 12, con una inconsistencia del 9,45% considerando que la matriz es consistente.

Figura 12 Contribución de los rangos del subcriterio altitud para *Eucalyptus grandis*.



5.5.1.2. Subcriterio Pendiente para *Eucalyptus grandis*

Cuadro 22 Intervalos de subcriterio pendiente para *Eucalyptus grandis*.

Pendiente (%)	
intervalo	clase
0-30	S1
31-70	S2
> 70	S4

Cuadro 23 comparativo para el grupo de subcriterio de pendiente para *Eucalyptus grandis*.

Pendiente	S1	S2	S3
S1	1	2	4
S2	$\frac{1}{2}$	1	3
S4	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	1
Total	1,75	3,333	8

Cuadro 24 Cálculo de porcentaje del autovalor de pendiente para *Eucalyptus grandis*.

Pendiente	S1	S2	S3	promedio	%
S1	0,571	0,600	0,500	0,557	55,714
S2	0,286	0,300	0,375	0,320	32,024
S4	0,143	0,100	0,125	0,123	12,262
Total				1,000	100,000

Cuadro 25 Cálculo del máximo autovalor para *Eucalyptus grandis*.

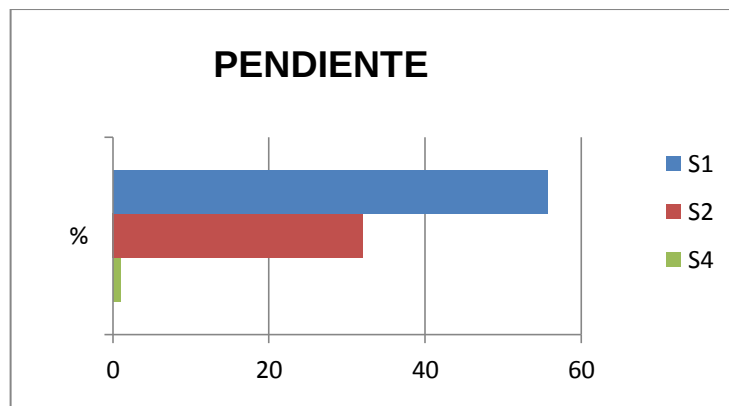
vector eigen	0,557	0,32	0,123
Total suma	1,75	3,333	8
maximo autovalor	3,025		

n=	3
RI=	0,58

índice de consistencia	
CI	0,0127
CR	0,022
%CR	2,182

El análisis del subcriterio de pendiente indica que el rango S1 aporta a la meta un 55,714%, mientras que el rango S2 aporta a la meta un 32,024% y el rango S3 solo el 12,262% para el peso total del criterio como se representa en la figura 13, con una inconsistencia del 2,182% considerando que la matriz es consistente.

Figura 13 Contribución de los rangos del subcriterio de pendiente para *Eucalyptus grandis*..



5.5.1.3. Subcriterio temperatura para *Eucalyptus grandis*.

Cuadro 26 Intervalos de subcriterio temperatura para *Eucalyptus grandis*.

temperatura °C	
intervalo	Sigla
7,389-10,203	S3
10,203-13,954	S2
13,954-23,802	S1

Cuadro 27 Comparativo para el grupo de subcriterio de temperatura para *Eucalyptus grandis*.

Temperatura	S1	S2	S3
S1	1	3	6
S2	1/3	1	4
S3	1/6	1/4	1
Total	1,5	4,25	11

Cuadro 28 Cálculo de porcentaje del autovalor de temperatura para *Eucalyptus grandis*.

Pendiente	S1	S2	S3	promedio	%
S1	0,667	0,706	0,545	0,639	63,93345
S2	0,222	0,235	0,364	0,274	27,37176
S3	0,111	0,059	0,091	0,087	8,695
Total					100

Cuadro 29 Cálculo del máximo autovalor para *Eucalyptus grandis*.

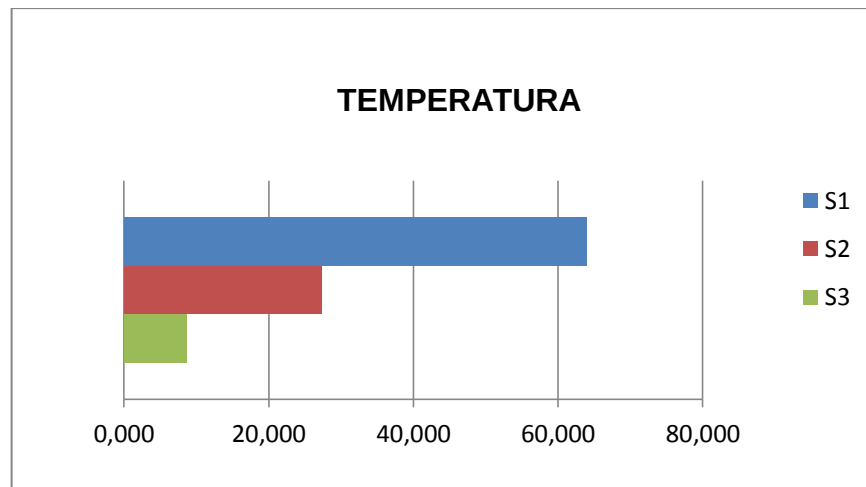
vector eigen	0,639	0,274	0,087
Total suma	1,500	4,250	11,000
maximo autovalor	3,08		

n=	3
RI=	0,56

indice de consistencia	
CI	0,04
CR	0,07
%CR	7,029

el análisis del subcriterio de temperatura indica que el rango S1 aporta a la meta un 63,933%, mientras que el rango S2 aporta a la meta un 27,371% y el rango S3 8,695 % como se representa en la figura 14, la cual presenta una inconsistencia del 7,029% considerando que la matriz es consistente.

Figura 14 contribución de los rangos del subcriterio de temperatura para *Eucalyptus grandis*.



3.5.1.4 Subcriterio Precipitación para *Eucalyptus grandis*.

Cuadro 30 Intervalos de subcriterio pendiente para *Eucalyptus grandis*..

Precipitación PPM	
intervalo	clase
1400-1500	S1
1500-1600	S1
1600-1700	S1
1700-1800	S1
1800-1942,896	S1

Cuadro 31 Comparativo para el grupo de subcriterio de precipitación para *Eucalyptus grandis*.

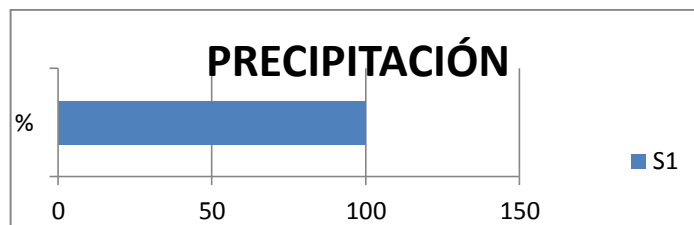
precipitación	S1
S1	1

Cuadro 32 Cálculo de porcentaje del autovalor para precipitación para *Eucalyptus grandis*.

precipitación	%
S1	100

El análisis del subcriterio de precipitación ofrece un solo rango aportando al logro de la meta el 100% como se observa en la figura 15, con una inconsistencia del 0% considerando que la matriz es consistente.

Figura 15 Contribución de los rangos del subcriterio de precipitación.



5.5.2. Matriz de comparación, orden de prioridad y la inconsistencia para *Pinus maximinoi*.

5.5.2.1. Subcriterio altitud *Pinus maximinoi*.

Cuadro 33 Intervalos de subcriterio pendiente para *Pinus maximinoi*.

altitud m.s.n.m	
Intervalo	Clase
1440-1650	S2
1650-2310	S1
2310-2400	S3
2400-3540	S4

Cuadro 34 Comparativo para el grupo de subcriterio de altitud para *Pinus maximinoi*.

Altitud	S1	S2	S3	S4
S1	1	3	4	6
S2	1/3	1	3	5
S3	1/4	1/4	1	3
S4	1/6	1/5	1/3	1
Total	1,75	4,45	8,33	15,00

Cuadro 35 Cálculo de porcentaje del autovalor de altitud para *Pinus maximinoi*.

altitud	S1	S2	S3	S4	promedio	%
S1	0,571	0,674	0,480	0,400	0,531	53,140
S2	0,190	0,225	0,360	0,333	0,277	27,713
S3	0,143	0,056	0,120	0,200	0,130	12,976
S4	0,095	0,045	0,040	0,067	0,062	6,171
total					1,000	100,000

Cuadro 36 cálculo del máximo autovalor para *Pinus maximinoi*.

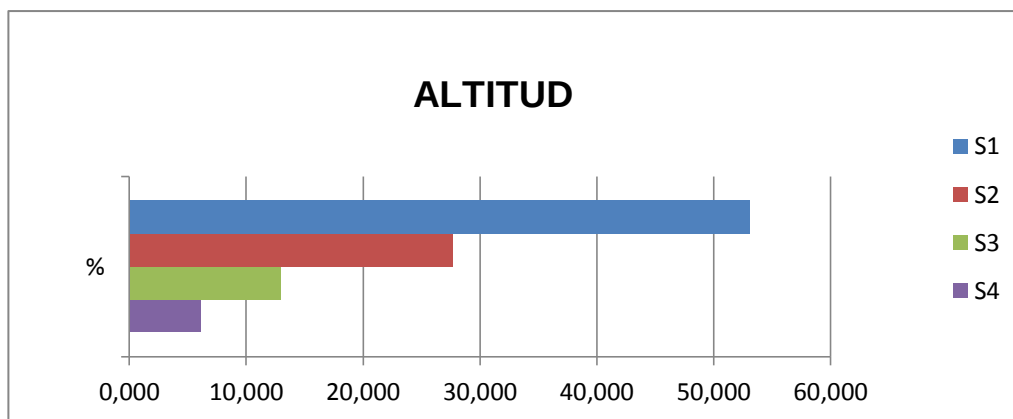
vector eigen	0,531	0,277	0,13	0,062
Total suma	1,75	4,45	8,33	15
maximo autovalor	4,175			

n=	4
RI	0,9

indice de consistencia	
CI	0,058
CR	0,065
%CR	6,474

El análisis del subcriterio de altitud indica que el rango S1 aporta a la meta un 53,14%, mientras que el rango S2 aporta a la meta un 277,713%, el rango S3 aporta a la meta 12,976% y el rango S4 el 6,171% para el peso total del criterio como se muestra en la figura 16, con una inconsistencia del 6,474% considerando que la matriz es consistente.

Figura 16 Contribución de los rangos del subcriterio altitudinal para *Pinus maximinoi*.



5.5.2.2. Subcriterio Pendiente para *Pinus maximinoi*.

Cuadro 37 Intervalos de subcriterio pendiente para *Pinus maximinoi*..

Pendiente (%)	
intervalo	Clase
0-30	S1
31-70	S2
> 70	S4

Cuadro 38 Comparativo para el grupo de subcriterio de pendiente para *Pinus maximinoi*.

Pendiente	S1	S2	S3
S1	1	2	4
S2	1/2	1	3
S4	1/4	1/3	1
Total	1,75	3,333	8

Cuadro 39 Cálculo de porcentaje del autovalor para pendiente para *Pinus maximinoi*.

Pendiente	S1	S2	S3	promedio	%
S1	0,571	0,600	0,500	0,557	55,714
S2	0,286	0,300	0,375	0,320	32,024
S4	0,143	0,100	0,125	0,123	12,262
Total				1,000	100,000

Cuadro 40 Cálculo del máximo autovalor para *Pinus maximinoi*.

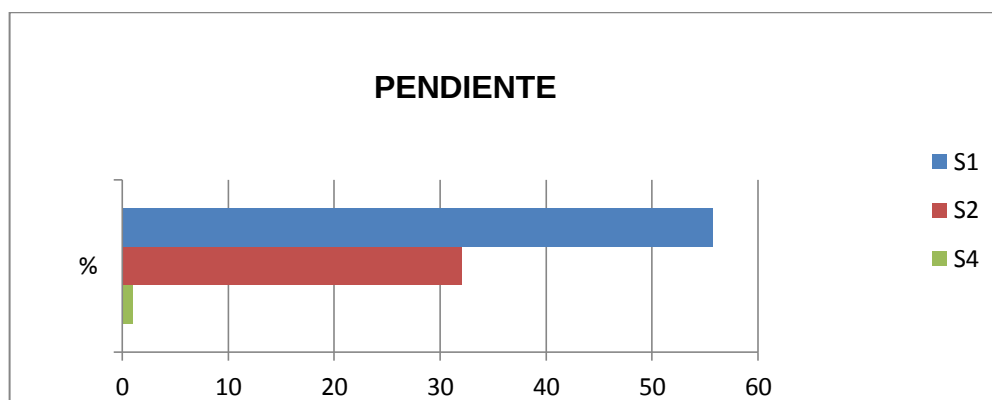
vector eigen	0,557	0,32	0,123
Total suma	1,75	3,333	8
maximo autovalor	3,025		

n=	3
RI=	0,58

indice de consistencia	
CI	0,0127
CR	0,022
%CR	2,182

El análisis del subcriterio de pendiente indica que el rango S1 aporta a la meta un 55,714%, mientras que el rango S2 aporta a la meta un 32,024% y el rango S3 solo el 12,262% para el peso total del criterio como se muestra en la figura 17, con una inconsistencia del 2,182% considerando que la matriz es consistente.

Figura 17 Contribución de los rangos del subcriterio de pendiente.



3.5.2.3 Subcriterio Temperatura para *Pinus maximinoi*.

Cuadro 41 Intervalos de subcriterio pendiente para *Pinus maximinoi*.

temperatura °C	
Intervalo	Clase
7,389-10,203	S2
10,203-23,802	S1

Cuadro 42 Comparativo para el grupo de subcriterio de temperatura para *Pinus maximinoi*.

temperatura (°C)	S1	S2	S3
S1	1	3	5
S2	1/3	1	3
S3	1/5	1/3	1
Total	1,533	4,333	9

Cuadro 43 Cálculo de porcentaje del autovalor de temperatura para *Pinus maximinoi*.

temperatura (°C)	S1	S2	S3	promedio	%
S1	0,652	0,692	0,556	0,633	63,335
S2	0,217	0,231	0,333	0,260	26,050
S3	0,130	0,077	0,111	0,106	10,616
Total				1,000	100,000

Cuadro 44 Cálculo del máximo autovalor para *Pinus maximinoi*.

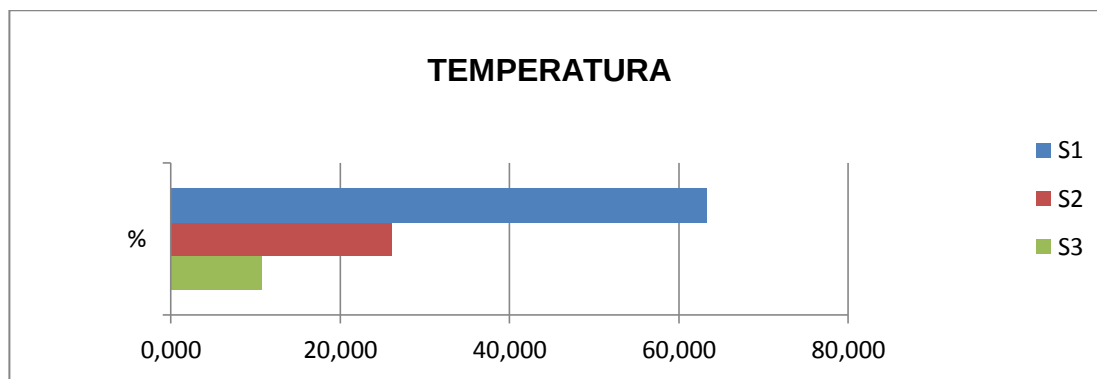
vector eigen	0,633	0,26	0,106
Total suma	1,533	4,333	9
maximo autovalor	3,051		

n=	3
RI=	0,58

índice de consistencia	
CI	0,0255
CR	0,044
%CR	4,394

El análisis del subcriterio de temperatura indica que el rango S1 aporta a la meta un 63,335%, mientras que el rango S2 aporta a la meta un 26,05% y el rango S3 aporta un 10,616% para el peso total del subcriterio como se muestra en la figura 18, con una inconsistencia del 4,394% considerando que la matriz es consistente.

Figura 18 Contribución de los rangos del subcriterio de temperatura.



3.5.2.4 Subcriterio Precipitación para *Pinus maximinoi*.

Cuadro 45 Intervalos de subcriterio precipitación para *Pinus maximinoi*.

Precipitación PPM	
Intervalo	Clase
1400-1500	S1
1500-1600	S1
1600-1700	S1
1700-1800	S1
1800-1942,896	S1

Cuadro 46 Comparativo para el grupo de subcriterio de precipitación para *Pinus maximinoi*.

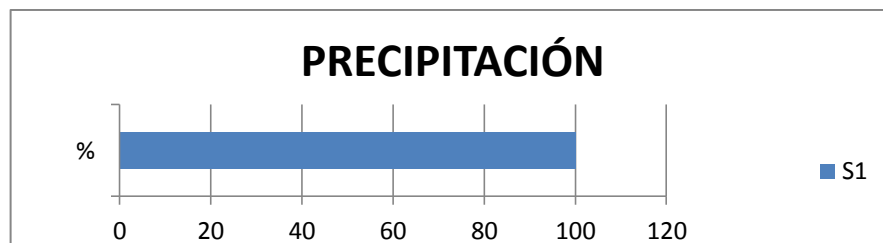
precipitación	S1
S1	1

Cuadro 47 Cálculo de porcentaje del autovalor para precipitación para *Pinus maximinoi*.

precipitación	%
S1	100

El análisis del subcriterio de precipitación ofrece un solo rango aportando al logro de la meta el 100% como se observa en la figura 19, con una inconsistencia del 0% considerando que la matriz es consistente.

Figura 19 Contribución de los rangos del subcriterio de precipitación para *Pinus maximinoi*.



Determinada la importancia que tiene cada intervalo o rango dentro del subcriterio los expertos determinaron los pesos para cada criterio y subcriterio planteados como se muestran en los cuadros 49 y 56, con esto se ajusta el valor de los pesos a los requerimientos básicos de las especies como se muestra en el cuadro 46, que contienen los datos de calificación numérica y siglas en el cual se ubican los distintos rangos de los subcriterios a evaluar en el análisis multicriterio que dependen de los requerimientos de las especies. Categorizándolos de buenos a malos en un orden descendente la cual se implementó para las especies *Eucalyptus grandis* y *pinus maximinoi*.

Los intervalos de los subcriterios se reclasificaron según la importancia relativa dentro de los rangos para poderlos procesar en el programa ArcGis con la herramienta weighted overlay como lo muestran las figuras 20 y 24. Obteniendo los mapas con los valores ponderados para cada área del municipio de Málaga dados para las dos especies.

Cuadro 48 Valoración subjetiva para los intervalos de subcriterios.

Valor	Categoría	Sigla
1	No cumple	N1
2		
3	Mala	S4
4		
5	Regular	S3
6	Buena a regular	
7	Buena	S2
8		
9	Muy buena	S1

5.5.3. Tablas de ponderaciones por expertos para las especies. Las siguientes ponderaciones dadas a los criterios y subcriterios fueron sugeridas por expertos en el manejo de las especies *Eucalyptus grandis* y *Pinus maximinoi* de la empresa Smurfit Kappa cartón de Colombia como son:

- Ramón Antonio Arbeláez; ingeniero forestal encargado de la parte de silvicultura.
- Dorian Calderón; ingeniero forestal encargado de la parte de manejo forestal.
- Mauricio Zapata; ingeniero forestal encargado de la parte de silvicultura.

5.5.3.1. Ponderaciones de criterios y subcriterios para la especie *Eucalyptus grandis*

Cuadro 49 Ponderaciones de criterios y subcriterios para la especie *Eucalyptus grandis*.

Experto	ponderación de criterios		Sumatoria
	Clima	Topografía	
Ramón Antonio Arbeláez	0,8	0,2	
Dorian Calderón	0,7	0,3	
Mauricio Zapata	0,7	0,3	
Promedios	0,73	0,27	100

Ponderación subcriterios				
Criterio	Clima		Topografía	
	precipitación	Temperatura °C	msnm	Pendiente
Ramón Antonio Arbeláez	0,6	0,4	1	0
Dorian Calderón	0,7	0,3	0,9	0,1
Mauricio Zapata	0,9	0,1	0,9	0,1
Promedios	0,73	0,27	0,93	0,07

Cuadro 50 Pesos para ponderaciones para la especie *Eucalyptus grandis*

peso en porcentaje para subcriterios	
Criterio	%
Precipitación	42
Temperatura °C	18
Msnm	36
Pendiente	4
Sumatoria	100

Cuadro 51 Pesos para los intervalos del subcriterio de precipitacion para *Eucalyptus grandis*.

altitud m.s.n.m		
Intervalo	Sigla	Valor
1440-2190	S2	8
2190-2700	S3	6
2700-3540	N1	2

Cuadro 52 Pesos para los intervalos del subcriterio de pendiente para *Eucalyptus grandis*.

Pendiente (%)		
intervalo	clase	valor
0-30	S1	8
31-70	S2	7
> 70	S4	2

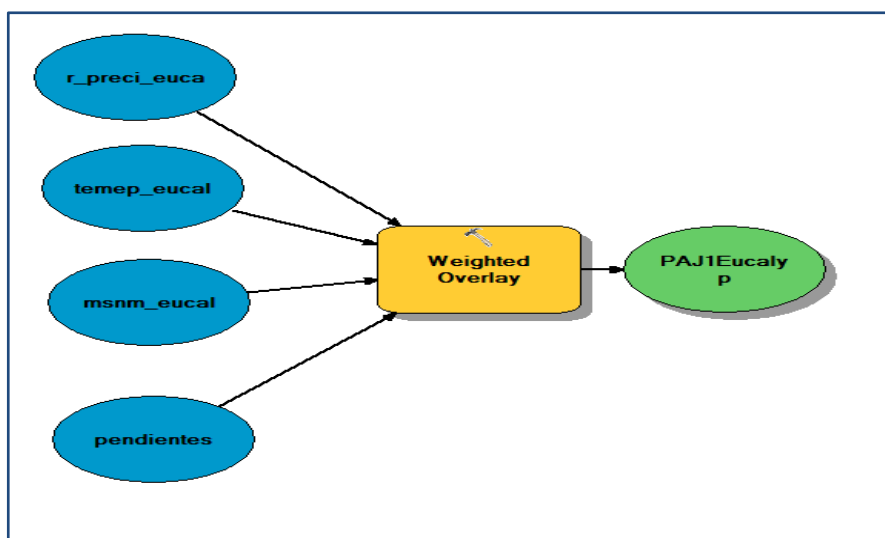
Cuadro 53 Pesos para los intervalos del subcriterio de temperatura para *Eucalyptus grandis*.

temperatura °C		
Intervalo	clase	Valor
7,389-10,203	S4	3
10,203-13,954	S3	6
13,954-23,802	S2	8

Cuadro 54 Pesos para los intervalos del subcriterio de precipitación para *Eucalyptus grandis*.

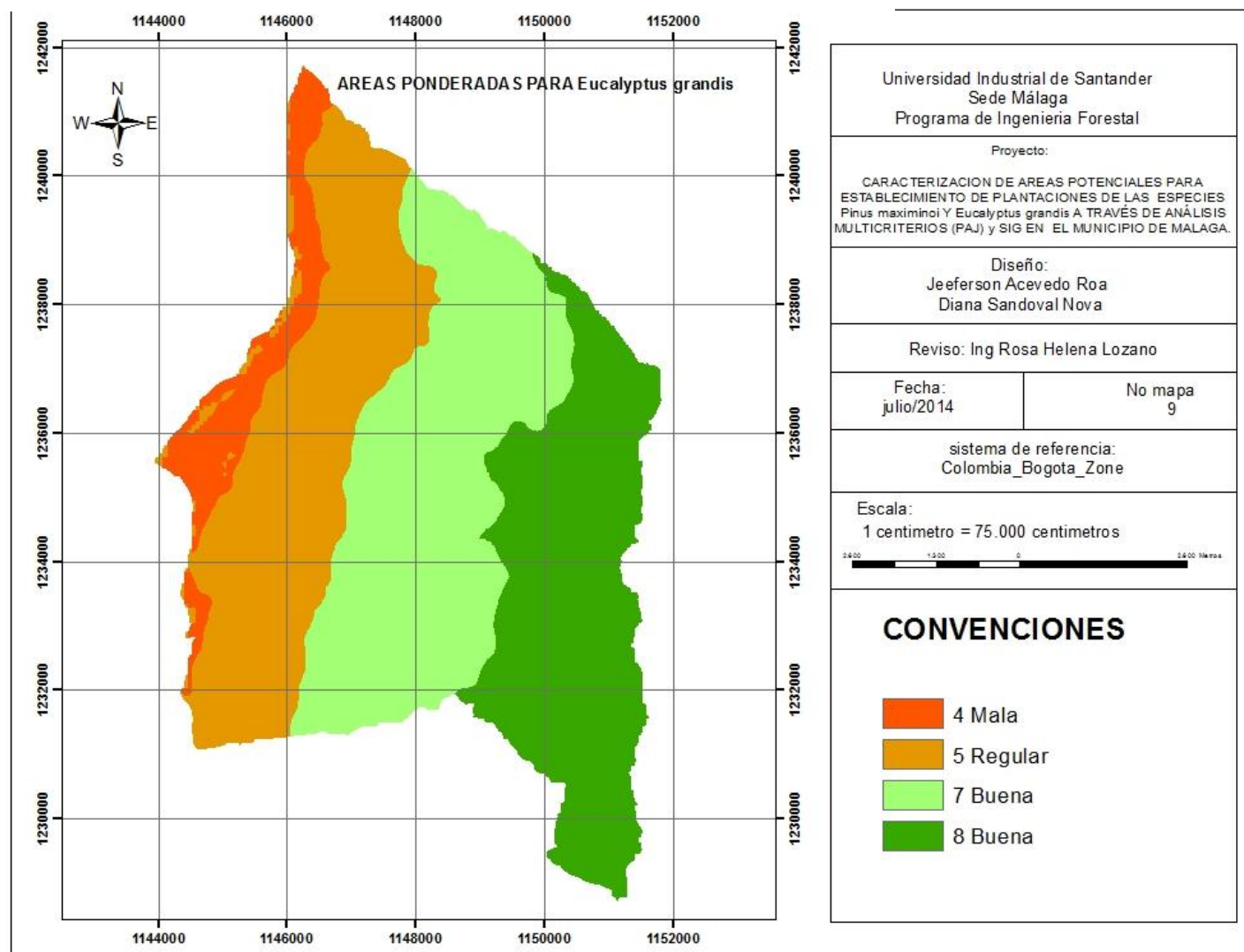
Precipitación PPM		
Intervalo	Clase	Valor
1400-1500	S2	7
1500-1600	S2	7
1600-1700	S2	7
1700-1800	S2	7
1800-1942,896	S2	7

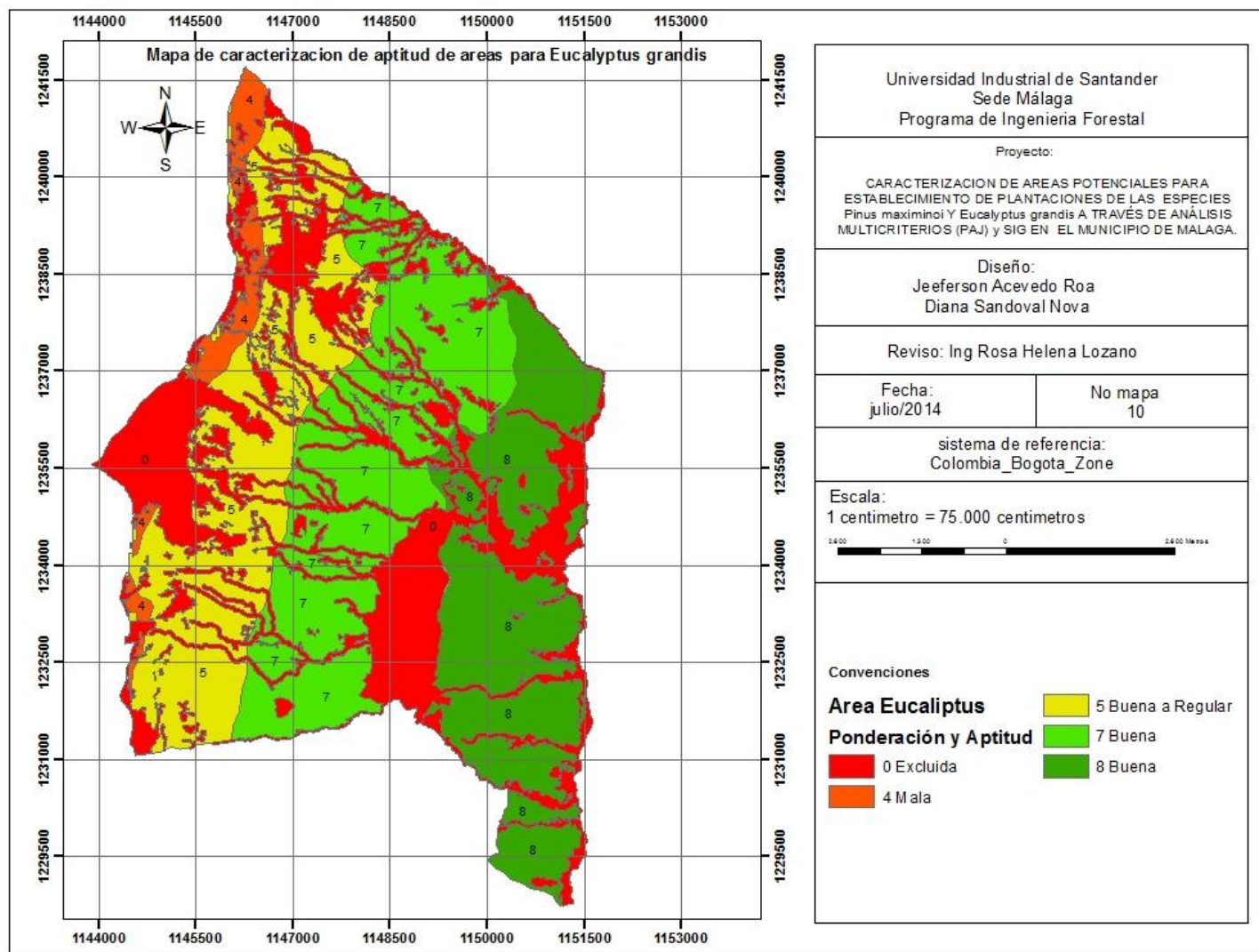
Figura 20 Ponderacion de areas en base a los criterios para la especie *Eucalyptus grandis*.



Con la realización de proceso la valoración de las áreas para el eucaliptus se ofrece tres categorías buena, regular y mala como se observa en la figura 21, a las cuales se extraen las áreas de exclusión para determinar las verdaderas zonas con sus categorías de valoración como se muestra en la figura 22 indicándonos las áreas correspondientes a cada una de ellas.

Figura 21 Mapa de áreas ponderadas para *Eucalyptus grandis*.



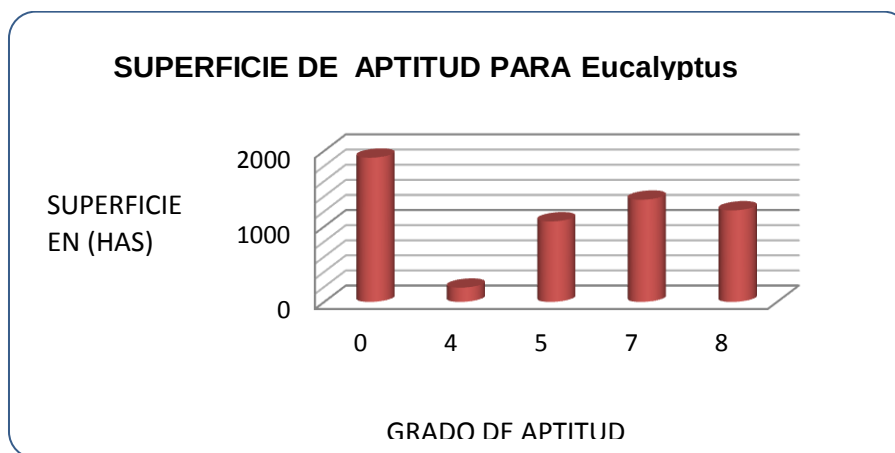


El proceso de análisis de jerarquización e inclusión de zonas de exclusión determinó la cantidad de superficie que presenta cada grado, como lo es aptitud 0 con una área de 1909,75 has seguido por grado de aptitud 7 con 1354,42 has, grado de aptitud 8 con 1213,73 has, grado de aptitud 5 con 1068,28 has y grado de aptitud 4 con 189,45 has como se muestra en el cuadro 55 y figura 23. Dando como resultado un área de 2568,15 has con características aptas para el desarrollo de la especie las cuales pertenecen al grado de aptitud 7 y 8, el grado de aptitud 5 con 1068,28 has con un aptitud regular y resto de áreas quedan descartadas por no cumplir con los requerimientos básicos.

Cuadro 55 Superficie y porcentajes de aptitud de área para *Eucalyptus grandis*

RESUMEN DE SUPERFICIE DE APTITUD PARA <i>Eucalyptus grandis</i>			
GRADO	SUPERFICIE HAS	%SUPERFICIE	APTITUD
0	1909,75	33,30	Excluida
4	189,45	3,30	Mala
5	1068,28	18,63	Regular
7	1354,42	23,61	Buena
8	1213,73	21,16	Buena
total	5735,63	100	

Figura 23 Aptitud de área para *Eucalyptus grandis*.



5.5.3.2. Ponderaciones de criterios y subcriterios para la especie *Pinus maximinoi*.

Cuadro 56 Ponderaciones de criterios y subcriterios para la especie *Pinus maximinoi*.

	ponderación de criterios		
Experto	Clima	Topografía	Sumatoria
Ramón Antonio Arbeláez	0,8	0,2	
Dorian Calderón	0,7	0,3	
Mauricio Zapata	0,7	0,3	
Promedios	0,73	0,27	100

Ponderación subcriterios				
Criterio	Clima		Topografía	
Subcriterio	precipitación	Temperatura °C	msnm	Pendiente
Ramón Antonio Arbeláez	0,6	0,4	1	0
Dorian Calderón	0,7	0,3	0,9	0,1
Mauricio Zapata	0,9	0,1	0,9	0,1
Promedios	0,73	0,27	0,93	0,07

Cuadro 57 Pesos para ponderaciones para la especie *Pinus maximinoi*.

peso en porcentaje para subcriterios	
criterio	%
Precipitación	42
Temperatura °C	18
Msnm	36
Pendiente	4
Sumatoria	100

Cuadro 58 Pesos para los intervalos del subcriterio de temperatura para *Pinus maximinoi*

temperatura °C		
Intervalo	Sigla	Valor
7,389-16,299	S4	3
16,299-18,175	S3	5
18,175-21,926	S2	8
21,926-23,802	S2	7

Cuadro 59 Pesos para los intervalos del subcriterio de precipitación para *Pinus maximinoi*

Precipitación PPM		
Intervalo	clase	Valor
1400-1500	S2	7
1500-1600	S2	7
1600-1700	S2	7
1700-1800	S2	7
1800-1942,896	S2	7

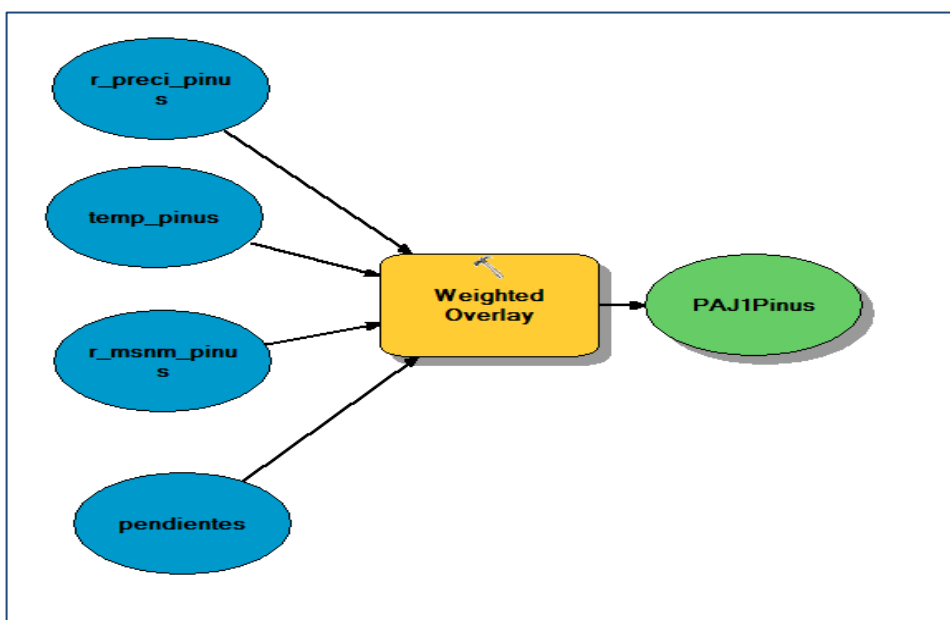
Cuadro 60 Pesos para los intervalos del subcriterio de pendiente para *Pinus maximinoi*

Pendiente (%)		
Intervalo	clase	valor
0-30	S1	8
31-70	S2	7
> 70	S4	2

Cuadro 61 Pesos para los intervalos del subcriterio de altitud para *Pinus maximinoi*

altitud m.s.n.m		
Intervalo	clase	valor
1440-1650	S2	7
1650-2310	S2	8
2310-2400	S3	5
2400-3540	S4	3

Figura 24 Ponderacion de los criterios en ArcGis para la especie *Pinus maximinoi*



Con la realización de proceso de valoración de las áreas para el *Pinus maximinoi* se ofrece tres categorías buena, buena a regular y mala como se observa en la figura 25, a las cuales se extraen las áreas de exclusión para determinar las verdaderas zonas con sus categorías de valoración como se muestra en la figura 26, indicándonos las áreas correspondientes a cada una de ellas.

Figura 25 Mapa de áreas ponderadas para *Pinus maximinoi*.

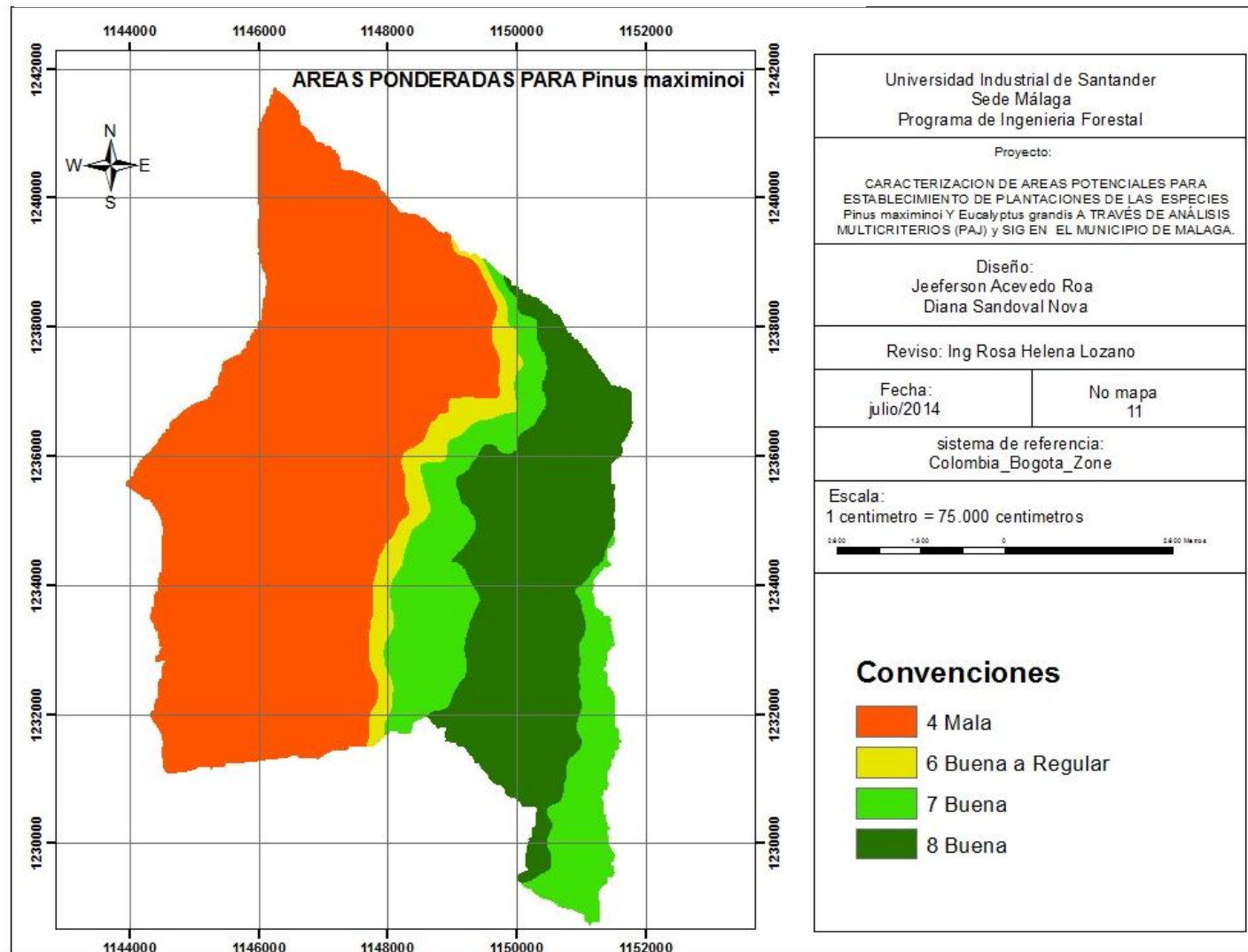
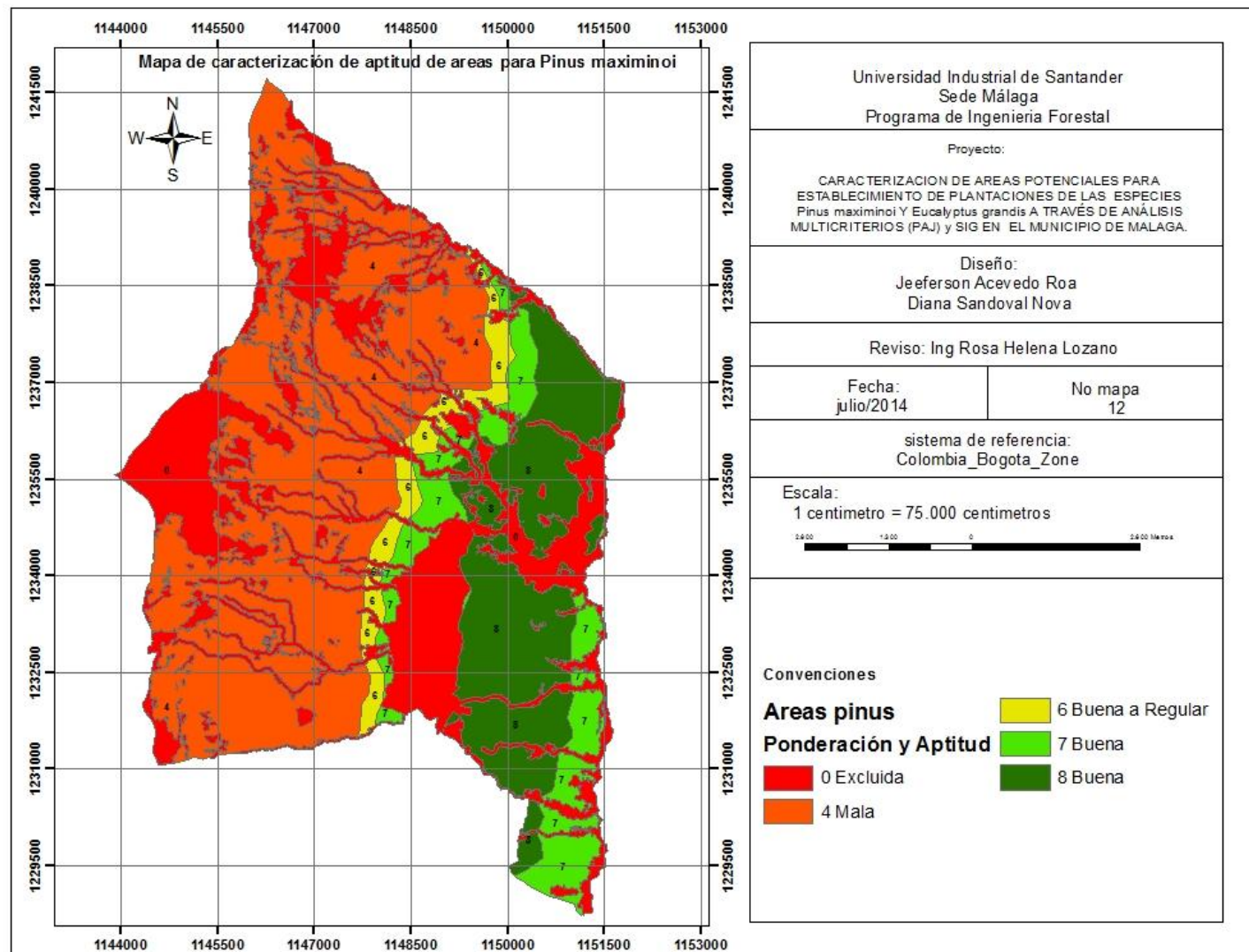


Figura 26 Mapa de caracterización de aptitud de áreas para *Pinus maximinoi*.

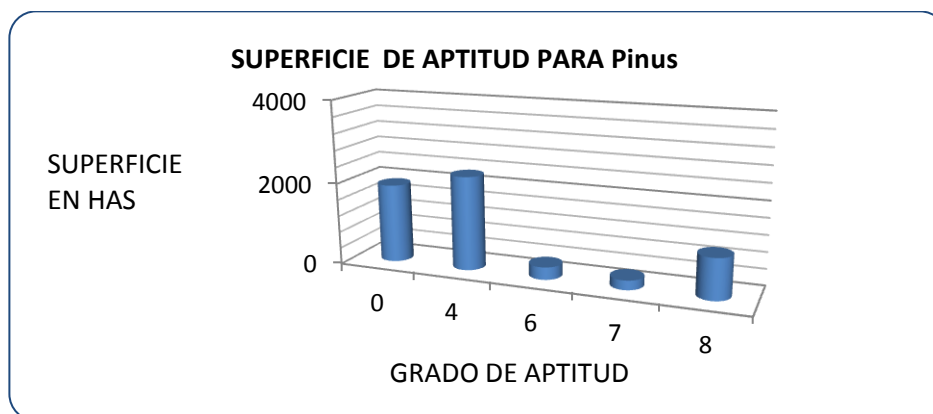


el proceso de análisis de jerarquización e inclusión de zonas de exclusión determinó la cantidad de superficie que presenta cada grado, como lo es la aptitud 4 con una área de 2280,78 has seguido por grado de aptitud 0 con 1909,75 has, grado de aptitud 8 con 985,41has, grado de aptitud 6 con 302,95 has y grado de aptitud 7 con 228,89 has como se muestra en el cuadro 62 y figura 27. Dando como resultado un área de 1214,3 has con características aptas para el desarrollo de la especie las cuales pertenecen al grado de aptitud 7 y 8, el grado de aptitud 6 con 302,95 has con un aptitud buena a regular y resto de áreas quedan descartadas por no cumplir con los requerimientos básicos.

Cuadro 62 Superficie y porcentajes de aptitud de área para *Pinus maximinoi*.

RESUMEN DE SUPERFICIE DE APTITUD PARA <i>Pinus maximinoi</i> .			
GRADO	SUPERFICIE HAS	% SUPERFICIE	APTITUD
0	1909,75	33,30	Excluida
4	2280,78	39,77	Mala
6	302,95	5,28	Buena a regular
7	228,89	3,99	Buena
8	985,41	17,18	Buena
total	5707,78	100	

Figura 27 Aptitud de área para *Pinus maximinoi*.



5.6. CARACTERIZACION EDAFICA PARA EL MUNICIPIO DE MALAGA HASTA LA COTA 2700 M.S.N.M.

5.5.4. Geomorfología para el municipio de Málaga. Se realizó la corroboración de las unidades geomorfológicas del municipio de Málaga con ayuda de imágenes satelitales, buscador google earth y salidas de campo con lo cual se ajustaron las áreas y determino la geoforma a la cual pertenece, manteniendo el tipo de categorías planteadas en el esquema de ordenamiento territorial propuesto para el municipio de Málaga como se muestra en la figura 28.

Geomorfología corroborada.

Geoformas Denudacionales.

Correspondientes a formas del Relieve Originadas generalmente por eventos climáticos que han actuado directamente sobre la Roca durante largos periodos de tiempo y han ocasionado un proceso de desgaste lento y continuo.

Colinas y Pendientes Denudacionales (D1).

La colina es una elevación natural del terreno de mediana altura, cuyas laderas presentan una inclinación promedio superior al 16% y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular. Pueden reconocerse colinas altas, medias y bajas.

Las cuales presentan inclinaciones hasta del 35% (0-20°), moderadamente largas de forma Ondulada y algunas veces recta.

Esta Geoforma se caracteriza por pendientes suaves a fuertemente inclinadas, con una topografía Ondulante a rizada ligeramente a Moderadamente Disectadas.

Foto 19 Colinas y pendientes denudacionales.



Colinas y Montañas Denudacionales (D3).

Montaña es la Unidad o componente de cualquier cadena montañosa y es una gran elevación natural del terreno de diverso Origen, con más de 300 metros de Desnivel, cuya cima puede ser aguda, subaguda, semiredondeada o tabular, y cuyas laderas regulares, irregulares o complejas, presentan una inclinación promedio superior al 30%.

Esta geoforma es caracterizada por presentar pendientes empinadas a muy empinadas con topografía colinada a montañosa, con colinas redondeadas. De poca elevación alternadas con montañas altas con pendientes largas de 0-30 grados de inclinación (50%), moderadamente a severamente disectada.

Foto 20 Colinas y montañas denudacionales.



Glacis de Ladera (D8).

Es una geoforma coluvial llamada Valle estrecho coluvial, de escasa extensión con pendientes suavemente inclinadas a moderadamente empinadas, con topografía regular, suave a rizada, formada al pie de colinas, lomas ondulaciones o de montañas elevadas, siendo moderadamente disectada.

Formadas por la deposición gradual de capas de materia de suelo y fragmentos menores desprendidos por la erosión pluvial, la erosión laminar interfluvial y arrastrados por la reptación o mediante saltación de partículas cuesta abajo por incidencia de la gravedad.

Escarpes (D9).

Geoforma con pendientes empinadas a muy empinadas, mayores al 75%, moderada a severamente disectadas, con red de drenaje paralela casi vertical, caracterizada por unidades litológicas de capas duras con delgados niveles

blandos, donde las duras son de gran espesor y forman cornisa,. Paisajísticamente se reconocen como un talud rocoso.

Foto 21 Escarpes.



Geoformas de Origen Estructural Denudacional.

Son capas de roca estratificadas o estructuralmente controladas y plegadas, originadas por procesos tectónicos como plegamientos, fallamiento y levantamiento; asociadas con procesos de desgaste y denudativos. Se caracterizan por la presencia de estructuras rocosas con alto grado de alteración, de pendientes muy escarpadas y abruptas.

Planos Estructurales Denudados (S_2).

Presenta pendientes suaves a moderadamente fuertes, con topografía fuertemente inclinada, con escurrimiento difuso intenso y patrón linear, resultando una topografía de lomos y vertientes onduladas rizadas. Cuyo buzamiento es el

ángulo de la pendiente y la dirección del buzamiento es la misma dirección de la pendiente. Se caracterizan por presentar procesos de remoción en masa.

Foto 22 Planos estructurales denudacionales.



Cuestas (S_6)

Es un paisaje monoclinal formado como consecuencia de la degradación parcial de estratos sedimentarios suavemente plegados. Se caracteriza por una pendiente frontal empinada o escarpe y una ladera estructural de contrapendiente suave.

El escarpe está constituido por secuencia de areniscas y calizas, por lo cual la ladera estructural es más regular, ligeramente a moderadamente disectada, con suelos bien definidos y cierto grado de madurez.

Foto 23 Cuestas



Crestón (S₇)

Resulta de la degradación o fallamiento de un anticlinal, cuyas laderas estructural y erosional o escarpe tienden a ser regulares y moderadamente disectadas debido a la uniformidad y dureza de las rocas que la conforman (calizas y lilitas). Su cima es aguda a subaguda, razón por la cual se le denomina en términos topográficos “cuchillas”, las que sobresalen netamente por su altura en un sistema de montañas y colinas plegadas. La ladera estructural presenta buzamiento entre 10° y 25° , siendo lomos con pendientes empinadas a muy empinadas que presentan suelos maduros pero poco profundos.

Foto 24 Crestón.



Terrazas Estructurales Denudacionales (S8).

Geoforma caracterizada por pendientes suaves a moderadamente empinadas, moderadamente disectadas, resultado de valles de falla intersectados por otras fracturas.

Foto 25 Terrazas estructurales denudacionales.



Lomos, Narices y zonas de Flexión de Estructuras (S₉)

Caracterizada por extensos lomos de pendientes moderadamente empinadas a muy empinadas y abruptas, con rango entre 50 – 75%, limitadas por fallas, por lo cual los flancos del anticlinal se presentan moderadamente disectados.

Foto 26 Lomos, narices y zonas de flexión de estructuras



Domos y Colinas Residuales (S₁₀)

Geoforma localizada en diferentes sectores del municipio, entre el lineamiento de los planos de fallas.

Se caracteriza por una alternancia paisajística de Domos y Colinas, aislados o dejados por el desplazamiento entre fallas. Los Domos presentan cimas redondeadas y laderas regulares poco disectadas, con pendientes muy empinadas a escarpadas, con suelos muy pobres y escasos y poca vegetación. Las colinas presentan cimas amplias, redondeadas, alargadas y laderas inclinadas con pendientes moderadamente empinadas entre el 25 al 50%, moderadamente disectadas.

Foto 27 Domos y colinas residuales.



Terrazas Fluviales (F6)

Representa los restos del cauce de un río y/o quebrada o de una planicie de inundación, cuando el río y/o quebrada estuvo fluyendo a un nivel más alto.

Las terrazas son remanentes de anteriores niveles de sedimentación, se pueden presentar por niveles, donde los niveles más altos son los más antiguos y normalmente contienen los suelos más evolucionados. Cada nivel de terraza está separado de otros por escarpes verticales a subverticales en los que afloran las capas de sedimentación.

Se caracterizan por presentar una topografía con pendientes aproximadamente planas a suavemente empinadas que son ligera a moderadamente disectadas.

Foto 28 Terrazas fluviales.



5.5.5. Geología municipio de Málaga.

Se implementó el mapa ofrecido en el esquema de ordenamiento territorial propuesto para el municipio, al cual no se le realizaron modificaciones como se muestra en la figura 29.

Figura 28 Mapa de Geomorfología.

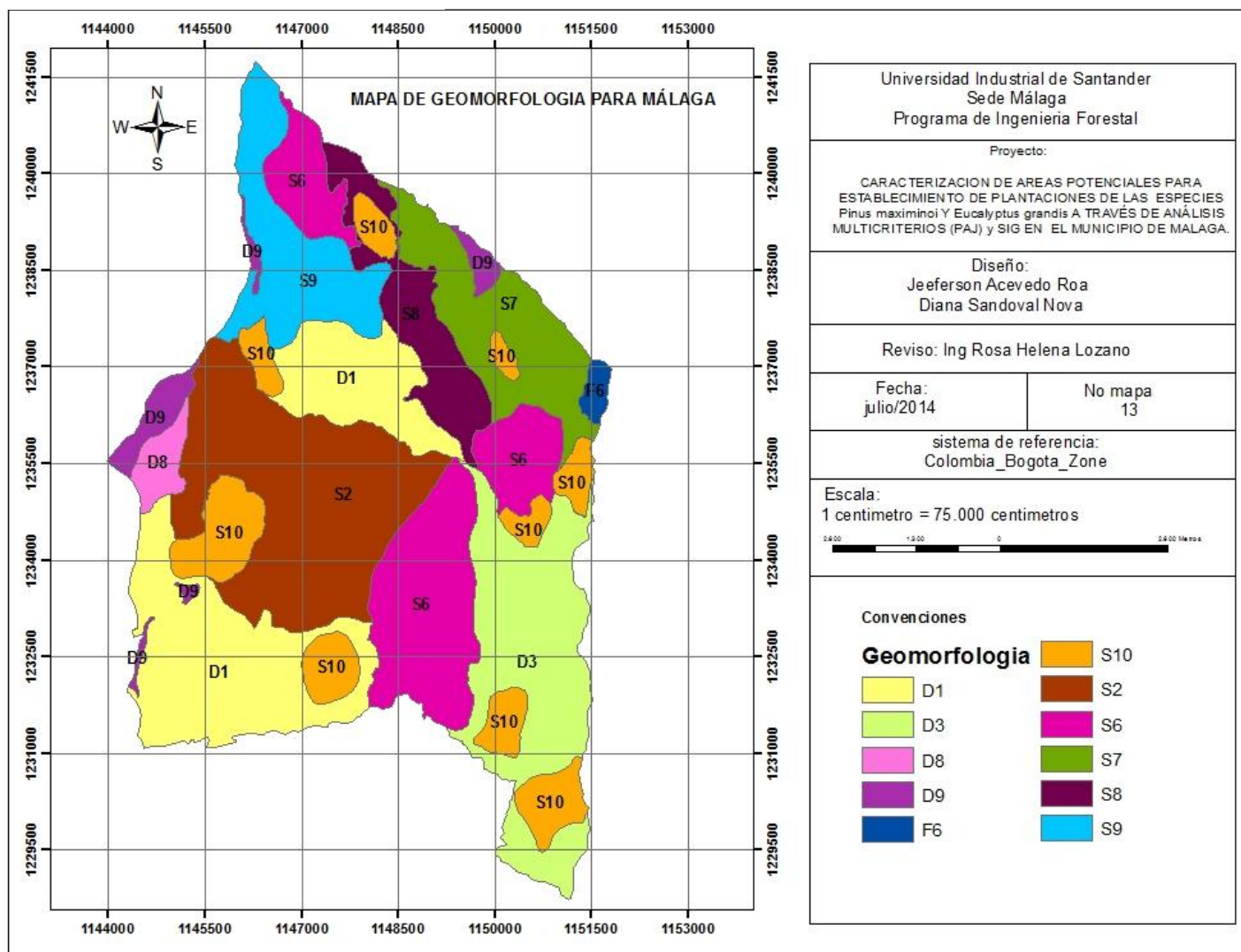
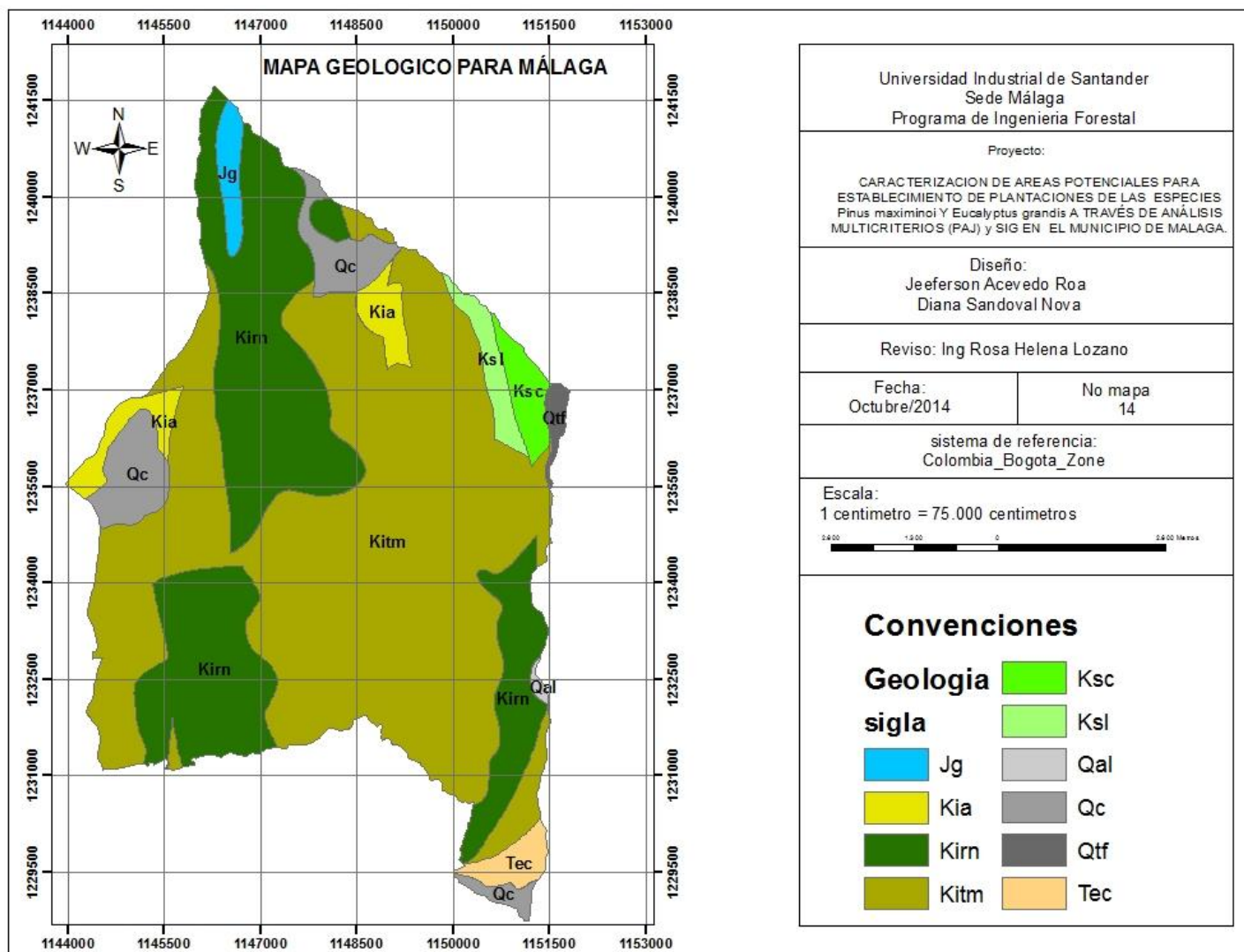


Figura 29 Mapa geológico.



Fuente: EOT Málaga

5.6.3. Clasificación de los separados del suelo, ph y determinación del horizonte A. Con los polígonos de cruce obtenidos de sobreponer los mapas de geomorfología y geología, se realizó el muestreo de cada una de ellas. Determinando las características edáficas por debajo de la cota 2700 por ser el rango más alto para la implementación de una de las especies figura 30.

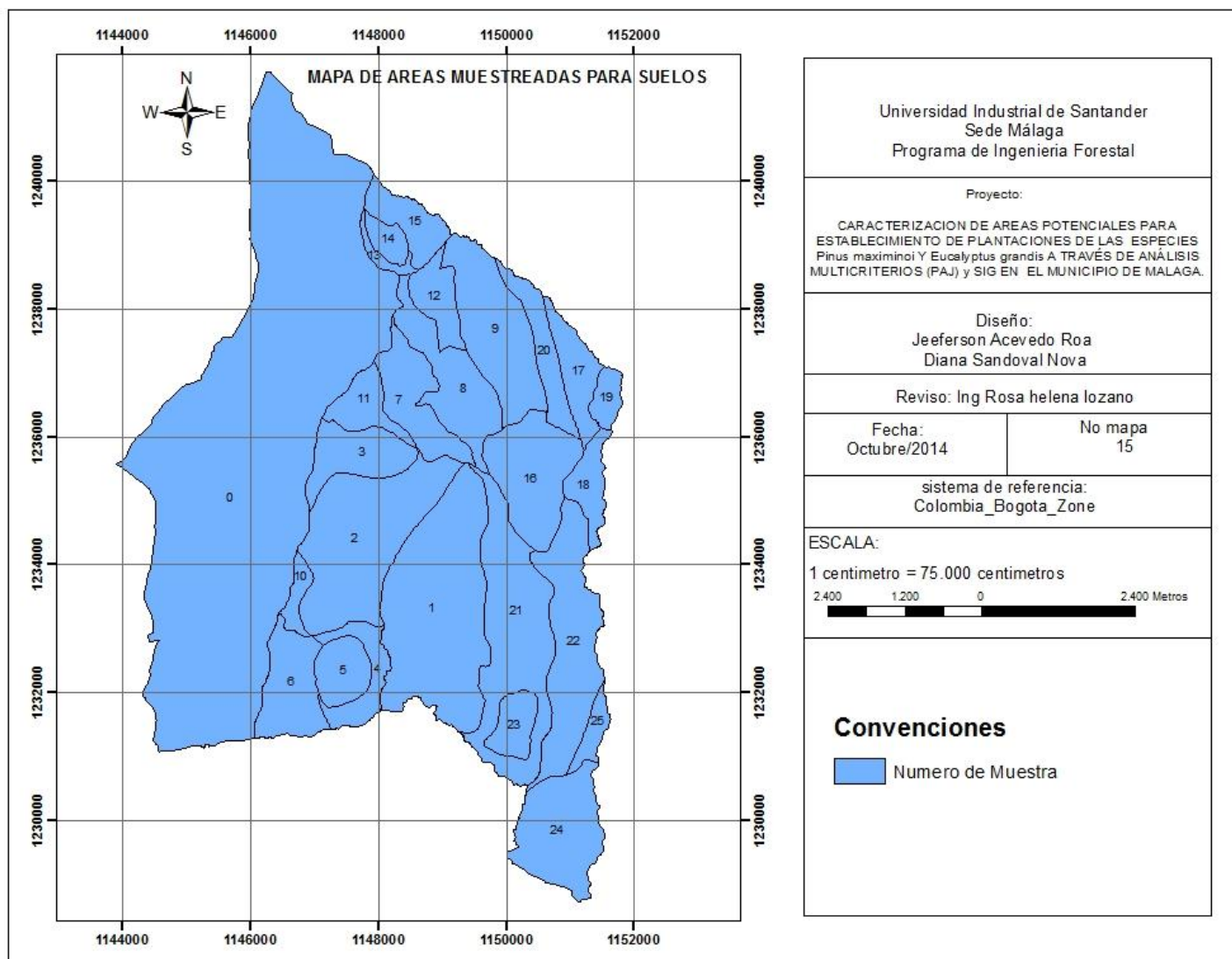
En la clasificación de los separados de suelo se analizaron 25 muestras a las cuales se les determinó la cantidad de separados presentes, con lo cual se determinó si pertenecía a la clase de suelos caracterizados por presentar un porcentaje mayor al 60% de partículas finas o suelos con material de partículas uniformes de características gruesas, las cuales superan el 50%.

Determinado el horizonte A o suelo superficial, se clasificó dependiendo de su espesor como se muestra en el cuadro 3, con lo cual se atribuyó la clase de aptitud que ofrece para la implantación de plantaciones forestales.

Para la determinación del pH se realizó mediante un método indicador de papel tornasol, con lo cual determinando el pH presente en cada muestra categorizándolo como se muestra en el cuadro 1 y mostrando resultados el cuadro 66.

Las cuales se compararon con datos citados en el esquema de ordenamiento territorial en clases agrologicas dadas para el municipio de Málaga.

Figura 30 Mapa de áreas muestreadas.



EJEMPLO MUESTRA 1

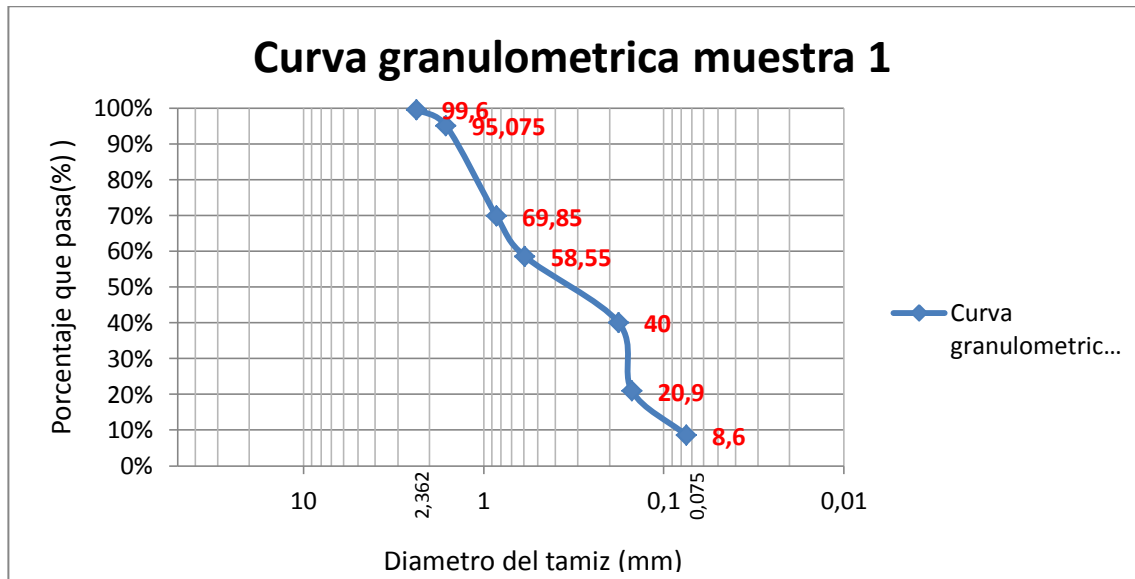
Cuadro 63 Distribución de separados en tamices.

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	1,6	0,4	99,6
10	1,616	18,1	4,525	95,075
20	0,85	100,9	25,225	69,85
30	0,59	45,2	11,3	58,55
80	0,1778	74,2	18,55	40
100	0,15	76,4	19,1	20,9
200	0,075	49,2	12,3	8,6
>200		34,4	8,6	
Total		400	100	

Cuadro 64 Porcentaje de clasificación de separados del suelo.

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	19,7	4,925
Arena gruesa	146,1	36,525
Arena fina	150,6	37,65
Arena muy fina	49,2	12,3
Limo grueso	34,4	8,6
Total	400	100

Figura 31 Curva granulométrica de muestra 1.



Datos para determinación de coeficientes y análisis de la distribución granulométrica.

Cuadro 65 Tamaño del tamiz en los porcentajes 10, 30 y 60.

% que pasa	tamaño del diámetro
10	0,08
30	0,15
60	0,64

Coeficiente de uniformidad

Es un coeficiente de no uniformidad pues su valor numérico decrece cuando su uniformidad aumenta. Suelos con un ***Cu*** < a 3 se consideran muy uniformes

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,64}{0,08} = 8$$

El anterior cálculo indica que la muestra de suelo no es uniforme ya que los agregados no están distribuidos en porcentajes uniformes en los distintos tamices.

Coeficiente de curvatura

Es una relación con un valor de 1 a 3 en suelos bien graduados, con amplio márgenes de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}} = \frac{(0,15)^2}{0,64 \cdot 0,08} = 0,44$$

La curvatura muestra que el suelo no es bien graduado por no presentar amplio margen de tamaño de las partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

Coeficiente de uniformidad	8,00
Coeficiente de curvatura	0,44

La muestra ofrece un porcentaje superior al 60% de partículas entre arenas finas a limos gruesos con lo cual se puede recomendar para la implementación de plantación ya que por presentar estas características facilita la penetración del sistema radicular.

Determinación del espesor del Horizonte A.

Mediante la observación en campo se determinó el cambio de color oscuro a claro de la parte superior de suelo, con lo cual se caracterizó el horizonte A que presenta un espesor de 40 cm, indicando que pertenece a una clase superficial como indica el cuadro 3.

Ph

Se determinó por el método de indicador cualitativo de pH con papel indicador universal de la cual se obtuvo un pH de 6, indicando que es un suelo moderadamente ácido como nos muestra el cuadro N° 1 de clasificación de Ph.

Cuadro 66 Datos de características edáficas.

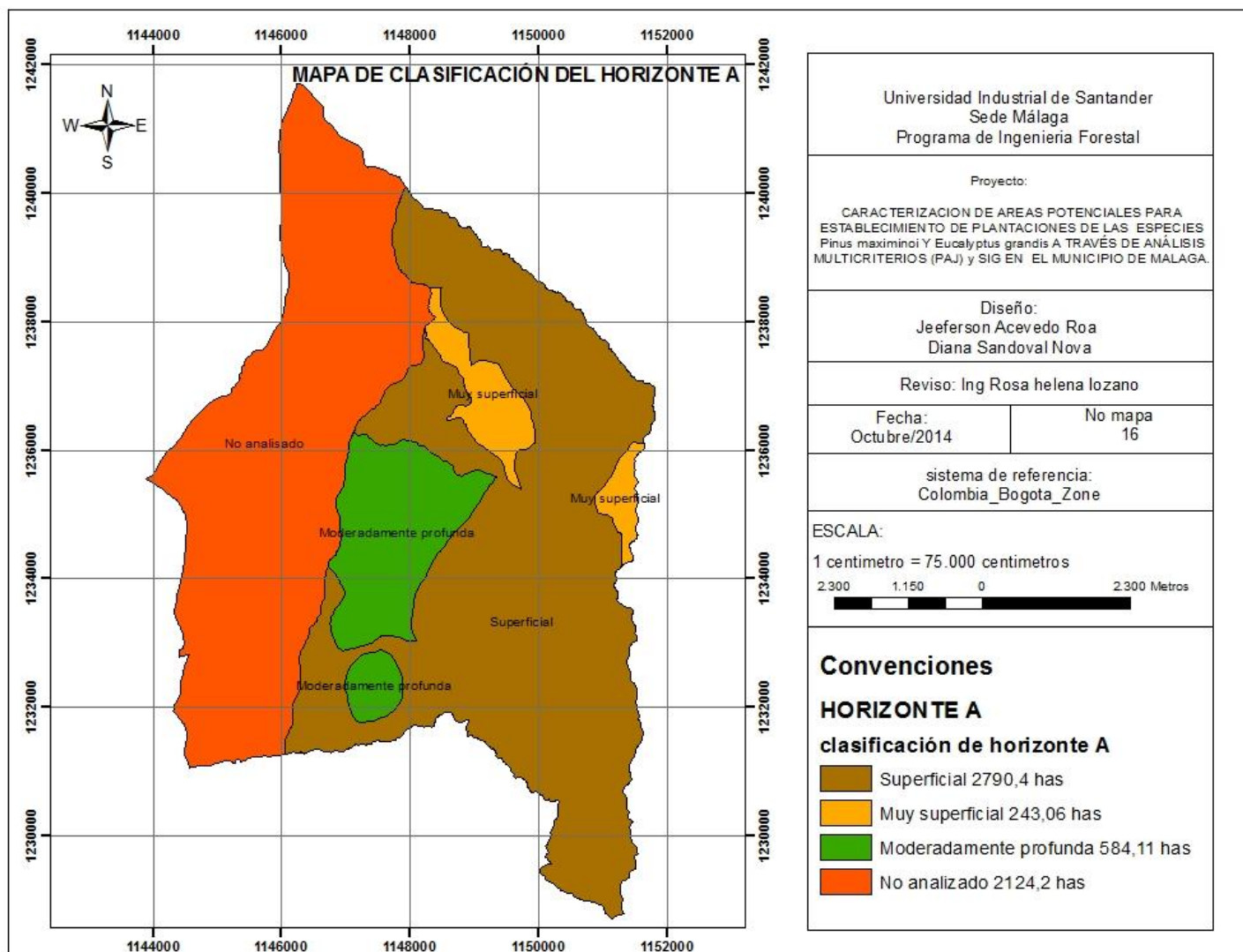
CARACTERISTICAS EDAFICAS					
# MUESTRA	PROFUNDIDAD EFFECTIVA (cm)	CATEGORIA DEL HORIZONTE A	pH	CLASE pH	CLASIFICACION DEL SEPARADO
1	40	superficial	6	Moderadamente acido	Partículas finas
2	57	moderadamente profundo	4	Fuertemente acido	Partículas finas
3	60	moderadamente profundo	7	Neutro	Partículas finas
4	44	Superficial	5	Fuertemente acido	Partículas finas
5	52	moderadamente profundo	7	Neutro	Partículas finas
6	30	Superficial	7	Neutro	Partículas gruesas
7	39	Superficial	7	Neutro	Partículas finas
8	24	muy superficial	6,5	Moderadamente acido	Partículas finas
9	27	superficial	7	Neutro	Partículas gruesas
10	40	superficial	5	Fuertemente acido	Partículas gruesas
11	45	superficial	6	Moderadamente acido	Partículas finas
12	43	superficial	7	Neutro	Partículas gruesas
13	40	superficial	7	Neutro	Partículas gruesas
14	45	superficial	6	Moderadamente acido	Partículas finas
15	50	superficial	6	Moderadamente acido	Partículas finas
16	33	superficial	6	Moderadamente acido	Partículas finas
17	48	superficial	7	Neutro	Partículas gruesas
18	24	muy superficial	6,5	Neutro	Partículas finas
19	42	superficial	5,5	Moderadamente acido	Partículas gruesas
20	30	superficial	6	Moderadamente acido	Partículas gruesas
21	40	superficial	7	Neutro	Partículas gruesas
22	40	superficial	6	Moderadamente acido	Partículas gruesas
23	50	superficial	5	Fuertemente acido	Partículas finas
24	45	superficial	6,5	Moderadamente acido	Partículas gruesas
25	48	superficial	6	Moderadamente acido	Partículas gruesas

5.6.3.1 Categorización del espesor del horizonte a y caracterización de áreas con posibilidad para las especies. Con la determinación de los espesores del Horizonte A para el municipio de Málaga por debajo de la cota 2700 metros sobre el nivel del mar, se unificaron en áreas que presentan categorías iguales, determinando tres clases como son Muy superficial con 243,06 hectáreas, superficial 2790,4 hectáreas y moderadamente profunda con 584,11 hectáreas.

Según la monografía de las especies sugieren suelos profundos para un óptimo desarrollo de los árboles, con los análisis obtenidos de la profundidad efectiva se determinó que el municipio no presenta esta característica de suelo con lo cual se sugieren aquellos categorizados como: Superficiales y la clase moderadamente profunda con un área aproximada de 3374,51 hectáreas ofreciendo suelos desde 27 a 60 centímetros de profundidad efectiva, las áreas a la cuales corresponden cada categoría se observara en la figura 32.

Por debajo de la cota 2700 se presentan cuatro clases agrologicas como son IV Se, IIS, VIISe y IVS. En los cuales se caracterizan suelos poco profundos a moderadamente profundos, que al ser comparados con las categorías determinadas para para los horizontes A presentan similitudes por ser suelos poco desarrollados de un espesor no superior a 60 cm, de los cuales se pueden disponer para plantaciones forestal productora en los moderadamente profundos y en los superficiales con el objetivo de mejorar esta condición, como se recomienda también en las clases agrologicas propuestas para Málaga.

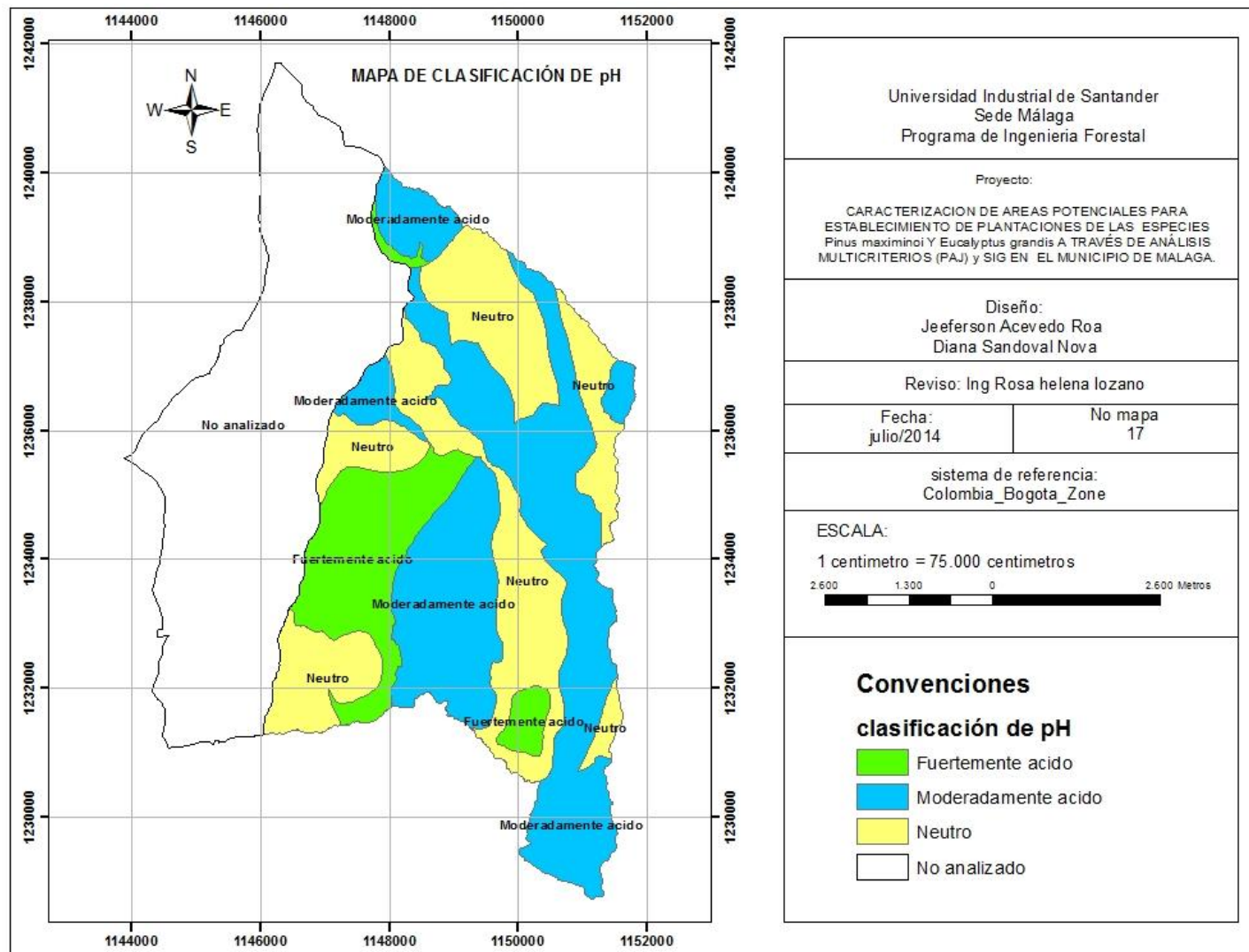
Figura 32 Mapa de clases de profundidad efectiva.



5.6.3.2 Categorización del Ph y caracterización de áreas con posibilidad para las especies. Los distintos rangos y categorías del pH determinados para el municipio de Málaga por debajo de la cota 2700 metros sobre el nivel del mar, se unificaron las áreas que presentan categorías iguales, determinando tres clases como son fuertemente ácido con 573,48 hectáreas, moderadamente ácido con 1700,5 hectáreas y neutro con 1343,6 hectáreas.

Según la monografía de las especies sugieren que se necesitan suelos con pH categorizados como moderadamente ácidos y neutros con un rango de 5,1 a 7,3 para un óptimo desarrollo de los árboles, con los análisis obtenidos en las áreas muestreadas en donde se determinó que el municipio presenta estas características para la posible implementación de las especies los cuales presenta una área de 3044,1 hectáreas como se observa en la figura 33.

Figura 33 Mapa de clasificación de pH.

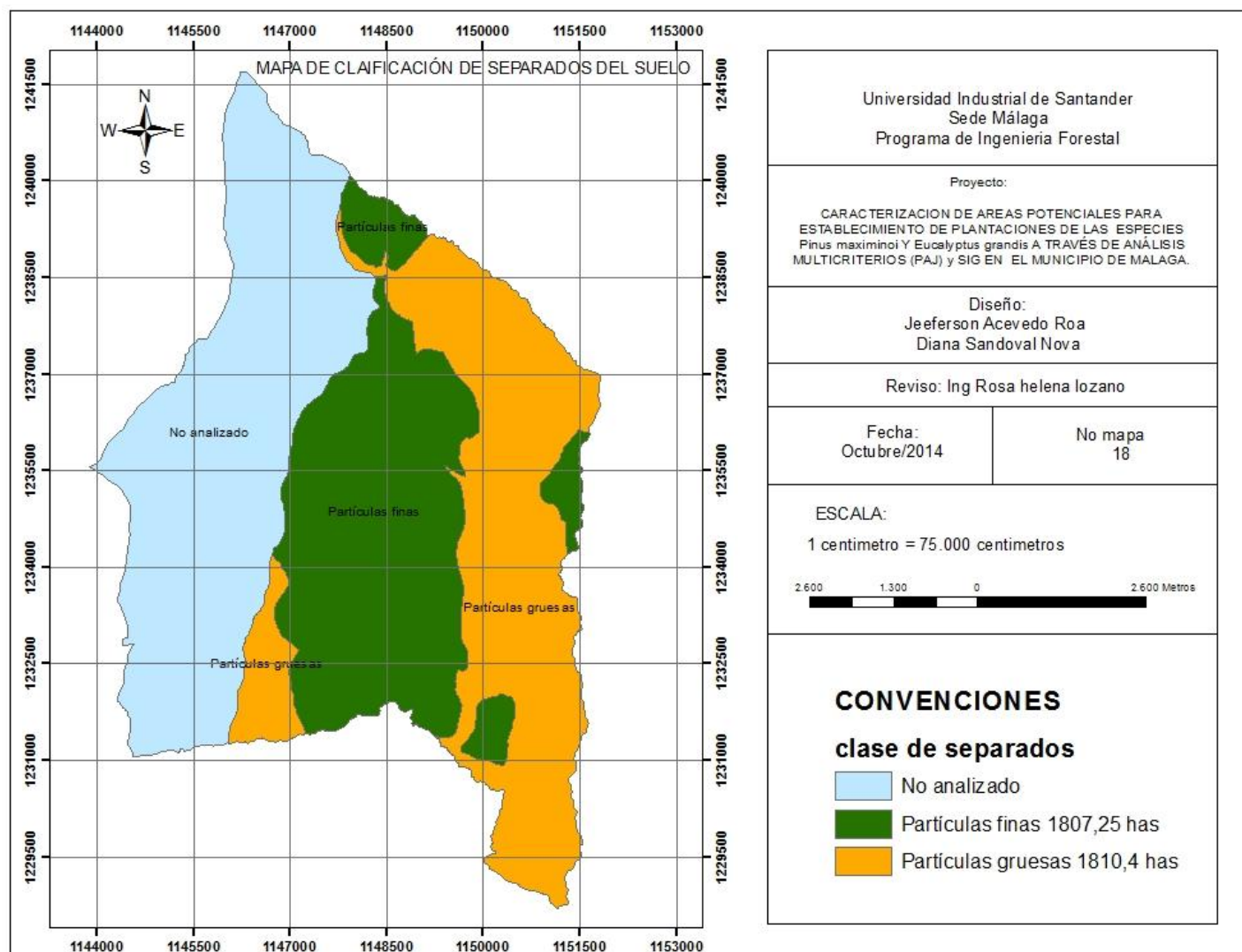


5.6.3.3 Categorización de separados del suelo y caracterización de áreas con posibilidad para las especies. Conociendo los distintos rangos y categorías del pH determinados para el municipio de Málaga por debajo de la cota 2700 metros sobre el nivel del mar, se unificaron las áreas que presentan categorías iguales, determinando dos clases como son suelos con partículas finas (partículas finas) con un porcentaje mayor del 60% de arenas finas a limos grueso con 1807,25 hectáreas y suelos de partículas gruesas con 1810,4 hectáreas.

Con los resultados obtenidos en las áreas muestreadas se determinó que la clase de suelos que presenta arenas finas y limos gruesos categorizados como arenas finas presenta características apropiadas para la implementación de las especies, observando las áreas en la figura 34.

En las áreas de muestreo se presentan cuatro clases agrologicas citadas en el esquema de ordenamiento territorial para Málaga, como son IV Se, IIS, VIISe y IVS. Con texturas que van desde franco-arcillosas, franco-arcillosas y arcillo-arenosas en las cuales predominan las texturas franco-arenosas con partículas moderadamente gruesas, al comparar como se caracterizan las partículas que predominan se encuentran similitudes con el estudio realizado para este proyecto, caracterizando presencia de material particulado grueso a fino, predominando los moderadamente gruesos, los cuales ser utilizados para plantaciones forestales productoras y protectoras como también se recomiendan en las clases agrologicas.

Figura 34 Mapa de clasificación de separados del suelo.

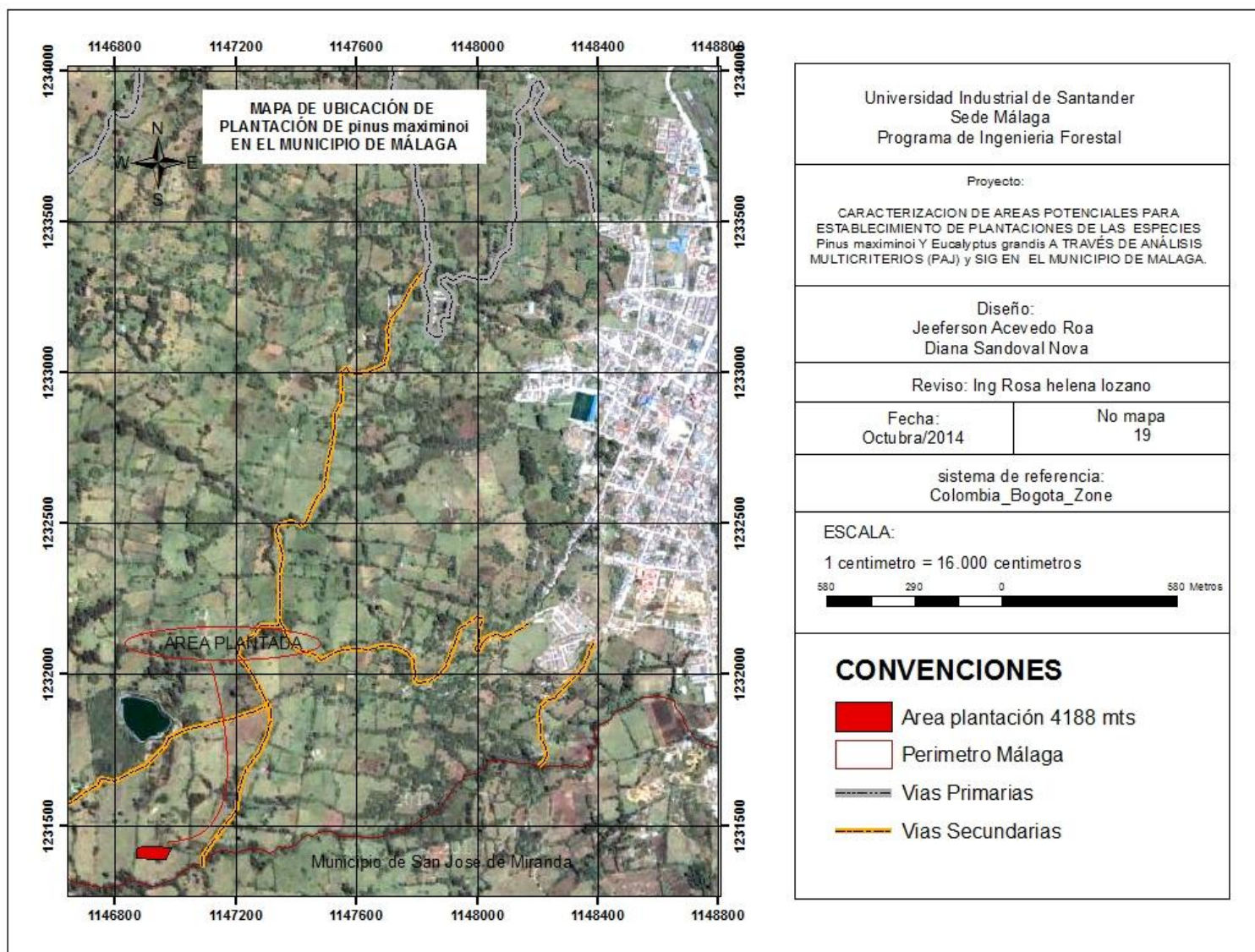


5.7 DISEÑO E IMPLEMENTACION DE PARCELA DEMOSTRATIVA DE *Pinus maximinoi*.

5.7.1. Objetivo de parcela demostrativa *Pinus maximinoi*. Implementar parcela demostrativa de *pinus maximinoi* en la finca La cuadra de la vereda San Luis del municipio de Málaga con los fines de recolectar datos para evaluar rendimiento y adaptabilidad, mejorar condiciones edáficas y posterior aprovechamiento.

5.7.2. Ubicación de parcela demostrativa. La finca la cuadra se encuentra ubicada en la vereda San Luis del municipio de Málaga con coordenadas planas en X 1.146.926. Y 1.231.417 del municipio de Málaga a una altura de 2540 metros sobre el nivel del mar ver figura 35, junto a los predios pertenecientes a la alcaldía municipal donde se encuentra la zona de compensación del embalse municipal, de la cual se destinó aproximadamente 4200 m² en parte plana para la implementación de la plantación.

Figura 35 Mapa de ubicación de plantación de *Pinus maximinoi*.



5.7.3. Características de área de plantación. Se identificaron factores relevantes como los climáticos y edáficos que cumplen para un desarrollo óptimo de la especie la cual esta categorizada como apta en análisis multicriterio planteado en el proyecto.

5.7.3.1. Características climáticas. El área presenta una precipitación promedio anual que va de 1800 a 1943 milímetros y una temperatura promedio anual de 15 a 16 grados centígrados.

5.7.3.2. Características edáficas y topográficas. Presenta un suelo con textura franco-arenosa y pH de 4,4 que se determinaron mediante un análisis de laboratorio como se muestra en el anexo. Con un horizonte A de 45 centímetros, situada en un área plana de la finca.

5.7.4. Establecimiento de la plantación.

5.7.4.1. Sistemas de siembra. Esta actividad se realizó de forma manual empleando una densidad de siembra de 3x3 metros en tres bolillos para un total de 412 plántulas.

5.7.4.2. Preparaciones de terreno. Se realizó una limpia de malezas existentes con machete y pica agrupándolos fuera de área a plantar con su respectivo aislamiento implementando tinales de madera y tres líneas de alambre de púas para evitar el ingreso de animales.

5.7.4.3. Trazado y ahoyado. Se realizó siguiendo las curvas de nivel al triángulo cada tres metros, elaborando un plateo de 50 centímetros con un repique en el centro para soltar el suelo.

5.7.4.4. Plantación. Es una actividad que se realizó manualmente introduciendo la plántula en el centro del plateo donde se repicó, este material fué comprado a la empresa Smurfit Kappa cartón de Colombia lo que garantiza la calidad de las plántulas.

5.7.4.5. Fertilización. Se realizó veinte días después de la siembra de las plántulas, utilizando abono compuesto (15-15-15) granulado, en una cantidad de 20 gramos por árbol, aplicado unos 15 centímetros alrededor de la planta.

5.7.5. Mantenimiento de la plantación.

5.7.5.1. Limpias. Se recomienda realizar dos plateos durante el primer, segundo y tercer año, controlando las malezas agresivas de forma manual o control químico selectivo hasta terminar turno. Garantizando un buen crecimiento de la especie, libre de plagas y de plantas que compitan con los pinos

5.7.5.2. Fertilización. A los seis meses después de realizar la primera fertilización se recomienda aplicar una mezcla de 30 gramos abono orgánico y 15 gramos de bórax al 40%, la misma dosificación al año.

5.7.5.3. Realce. Consiste en la primera poda de formación, que se realiza al primer año, cortando las ramas inferiores de las plantas.

5.7.6. Manejo silvicultural de la plantación.

5.7.6.1. Podas. Las podas se deben realizar a todos los árboles entre el segundo y quinto año dejando un 50% de la copa. La segunda poda se realiza cuando se efectuó el primer aclareo, empleando sierras manuales o serruchos para no rasgar el fuste del árbol.

5.7.6.2. Aclareos, control de enfermedad, plagas y otras actividades. Para realizar esta actividad y control de los vectores, realizar un control periódico que permitirá determinar el momento de implantarlas ya que no se tienen registros de tiempos de producción y afectaciones a la especie en el área donde se implementó la plantación.

6. CONCLUSIONES

Realizando la clasificación de las coberturas en base a la metodología Corine Land cover ajustada para Colombia en el municipio de Málaga se unificaron aquellas áreas que presentan una importancia ecológica y riqueza florística como lo son los bosques riparios, bosques altos de tierra firme, herbazales, arbustales y aquellas zonas indispensables para las actividades humanas como área urbana, periurbana espejos de agua, zonas de extracción minera y las zonas de protección de rondas hídricas categorizándolas como zonas de exclusión y no aptas para implementar proyectos forestales con fines económicos.

Con la elaboración del mapa de isoyetas y gradiente altitudinal de temperatura, basados en datos ofrecidos por el ÍDEAM para estaciones meteorológicas cercanas al municipio de Málaga, se categorizaron los rangos de precipitación y temperatura con intervalos homogéneos para cada uno los cuales se representan en salidas temáticas.

Mediante el análisis multicriterio realizado en el programa ArcGis se obtuvieron categorías como son buenas, bueno a regular y mala en las cuales se ponderaron los criterios climáticos y topográficos que permiten determinar si el área favorece el desarrollo o la implementación de plantaciones o parcelas demostrativas de las especies propuestas en el proyecto.

Los factores edáficos se analizaron en áreas que cumplen con los requerimientos climáticos y topográficos elementales para el desarrollo de las especies teniendo así en cuenta la profundidad efectiva categorizada como moderadamente profunda y superficial, pH con dos categorías moderadamente ácido y neutro y los separados del suelo aquellos que presentan un porcentaje mayor al 60% en diámetros finos las cuales ofrecen condiciones favorables para el desarrollo e implantación de la especies propuestas.

Las salidas temáticas ofrecen las áreas y ubicaciones de las categorías dadas en el análisis multicriterio y factores edáficos de profundidad efectiva, pH y clasificación de separados con lo cual se identifican las áreas que presentan potencial para la implementación de plantaciones o parcelas demostrativas.

Se implementó una parcela demostrativa de *Pinus maximinoi* con 410 plántulas a una altura de 2600 metros sobre el nivel del mar con el objetivo de tomar registros y datos para evaluar su rendimiento y adaptabilidad en el sector.

7. RECOMENDACIONES

Realizar seguimiento a la parcela demostrativa de la especie *Pinus maximinoi*, para evaluar su crecimiento y adaptabilidad en el área y condiciones ambientales que se encuentra.

Implementar parcelas demostrativas de las especies *Pinus maximinoi* y *Eucalyptus grandis* en las áreas con presencia de condiciones óptimas para su desarrollo, las cuales están caracterizadas en el proyecto, realizando un análisis de adaptabilidad en las distintas categorías dadas para el municipio de Málaga.

Realizar un análisis detallado de las características edáficas como profundidad efectiva, pH y textura ya que los estudios realizados se hicieron en áreas considerablemente grandes y se puede presentar variabilidad en los datos.

Socializar los beneficios que ofrece la implantación de especies arbóreas de pinos y eucaliptus para la recuperación y mejora de las características de suelos, arquitectura paisajística y beneficios económicos a futuro en los predios con potencial a implementar.

Realizar un estudio de mercadeo potencial local o regional para la comercialización de la madera o subproductos que se puedan generar de posibles plantaciones a implementar en el municipio.

BIBLIOGRAFIA

ALOE, Juan M... [y otros]. Análisis de suelos, guía práctica de muestreo. [on line]. México: Investigación y desarrollo profertil. 2012. vol. 12. [Citado 2014-Febrero-3]. P 8. Disponible en internet: <http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/?id=128>

GONZALES GONZALES, Juan Carlos. Análisis zonal de variables climáticas (mapas isoyetas, isotermas). [On line]. [s.].Marzo 2010- [Citado el 3 de febrero del 2014]. Disponible en internet: <http://analisisterritoriales.blogspot.com/2010/03/analisis-zonal-de-variables-climaticas.html>

BADILLO JUÁREZ, Eulalio. RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. Fundamentos de mecánica de suelos. Tomo 1. México D.F: Limusa, 2005. 3 T.

BARREDO CANO, José. GÓMEZ DELGADO, Monserrat. Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. 2ed. México D.F.: Alfaomega, 2005, 49p.

CHRISTEL Palmberg-Lerche y J. B. Ball. El estado actual de las plantaciones forestales en América latina y el caribe y examen de las actividades relacionadas con el mejoramiento genético. [On line]. Servicio de Desarrollo de los Recursos Forestales .Dirección de Recursos Forestales. Departamento de Montes FAO. Roma. [Consultado 24 de marzo 2014]. Disponible en internet: <http://www.fao.org/forestry/25871-07097f984c72179df8ec185fd30ae7faf.pdf>

ALCALDIA DE MALAGA. Esquema de ordenamiento territorial de Málaga EOT. Documento municipal. Málaga: Alcaldía, 2003. 164p.

FRANCO, Rodolfo. Ejemplo para la generación de isolineas en arcgis. Bogotá. D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. [On line]. 2014. [Citado 30 de octubre del 2014]. Disponible en internet: http://mixdyr.files.wordpress.com/2012/09/ejemplo_isolineas_arcgis.pdf

GOMEZ GOMEZ, Jorge Hernando y QUIROGA ARCINIEGAS, Vanessa Mercedes. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería civil, 2005. 173 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Geografía e informática. Subdirección de Cartografía. Guía para la interpretación de cartografía climatológica. México D.F.: El Instituto, 2005. 2p.

SERRADA, R. Influencia de los factores ecológicos en la vegetación. [on line]. En: Apuntes de selvicultura. Madrid: EUIT Forestal, 2008. P. 133. [Citado el 01 febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://www.secforestales.org/web/images/serrada/41facecol.pdf>

INTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Subdirección de agrología. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá D.C.: El Instituto, 1995. 632 p.

JARAMILLO JARAMILLO, Daniel Francisco. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias, 2002. 613p.

LINARES, Frank. El Proceso Analítico Jerárquico: Cómo Tomar Mejores Decisiones. México: Universidad Insurgentes. Coordinación de Cultura e Identidad Universitaria, 2013. 9p.

LISLEY KOHLER, Paulus. Hidrología para ingenieros. 3ed. México: Mcgraw-hill, 1986. 386p.

LOPEZ TORRES, Cecilia y MUÑOS QUIÑONES, Sergio. Plan de ordenamiento territorial para el municipio de Málaga en su área rural. Proyecto de grado ingeniería Forestal. Málaga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingeniería forestal, 1998. 215p.

FAO. Los principales factores ambientales y de suelo que influyen sobre la productividad y el manejo. Roma. Manual on integrated soil management and conservation practices. [on line]. 2000. [citado el 3 de febrero del 2014]. Disponible en internet: <http://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/FAO-2000.pdf>

LOZANO URBINA, Luz Amparo; ROMERO BOHÓRQUEZ, Arnold Rafael y URBINA GONZALES, Juan Manuel. Manual práctico de laboratorio I de química orgánica. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Facultad de ciencias. [on line]. 2013. Vol. 1, p 7. [Citado el 6 de noviembre del 2014]. Disponible en internet: http://ciencias.uis.edu.co/quimica/sites/default/files/paginas/archivos/V01Man07Orgal_MFOQ-OR.01_08072013.pdf

OLIVOS GALLEGOS, Uriel Esac... [y otros]. Áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG.[on line]. México. En: FITOTEC. 2007. vol. 30 N 4. [Citado 2014-Febrero-3]. p 414. Disponible en internet: <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/30-4/8a.pdf>

Pinus maximinoi H.E. Moore. México. [on line]. Conafor. [s.f]: 6p. [Citado 24 de febrero de 2014] Disponible en internet: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/970Pinus%20maximinoi.pdf>

RUCKS, L... [y otros]. Propiedades Físicas del Suelo. Montevideo: Universidad de la República. Facultad de Agronomía, 2004. 68p.

PULECIO TORRES, Hernando. Climatología. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. FEDI, 1987. 93p.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Resolución No. 2965. (12 Septiembre de 1995). [on line]. 1995. [Consultado 24 de enero 201]. Disponible en internet: <https://www.google.com.co/#q=cuales+son+las+caracteristicas+de+las+clases+agrológicas+para+colombia>

SALAMANCA SANABRIA, Rafael. Suelos y fertilizantes. Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomas. Centro de Enseñanza Desescolarizada, 1990. 345 p.

MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PÚBLICO. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZI. Suelos de Colombia. Bogotá D.C.: El Ministerio, 1995.

UGALDE ARIAS, Luis a. Resultado de 10^a años de investigación silvicultural del proyecto madeleña en honduras. [On line]. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza CATIE. Costa Rica. 1997. 196 p. [Citado 24 de febrero de 2014], Disponible en internet: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3988E/A3988E.PDF>

TORRES PEÑA, Luis Bernardo. Suelos, Bosques, Agricultura y Medio ambiente. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Química, 2005. 64 p.

THOMPSON, Louis. TROEH, Frederick. Suelos y su fertilidad. 4ed. España.: Revete, 1980. 70 p.

VARGAS, Ricardo Viana. Utilizando el proceso analítico jerárquico (PAJ) para seleccionar y priorizar proyectos en una cartera. Brasil: Ángel Águeda Barrero (Traduc), 2012. 25 p. [Citado 17 de Marzo de 2014], Disponible en internet: http://www.ricardo-vargas.com/wp-content/uploads/downloads/articles/ricardo_vargas_ahp_proyect_selection_esp.pdf.

ANEXOS

ANEXO A Coordenadas toma de muestras de suelos.

# MUESTRA	Coordenadas	
	E	N
1	1147700	1233514
2	1147405	1234914
3	1147402	1235973
4	1147236	1233334
5	1147027	1232850
6	1146400	1231969
7	1148429	1236336
8	1148869	1237227
9	1149539	1237143
10	1146555	1233524
11	1147975	1236623
12	1148846	1238120
13	1148360	1238819
14	1148249	1239067
15	1147916	1239574
16	1150678	1235710
17	1151151	1236944
18	1151377	1235672
19	1151371	1236353
20	1150840	1236523
21	1150175	1233370
22	1150907	1233780
23	1150178	1231546
24	1150956	1230626
25	1151306	1231551

ANEXO B Medición de profundidad efectivas y tomas de muestras de suelo.

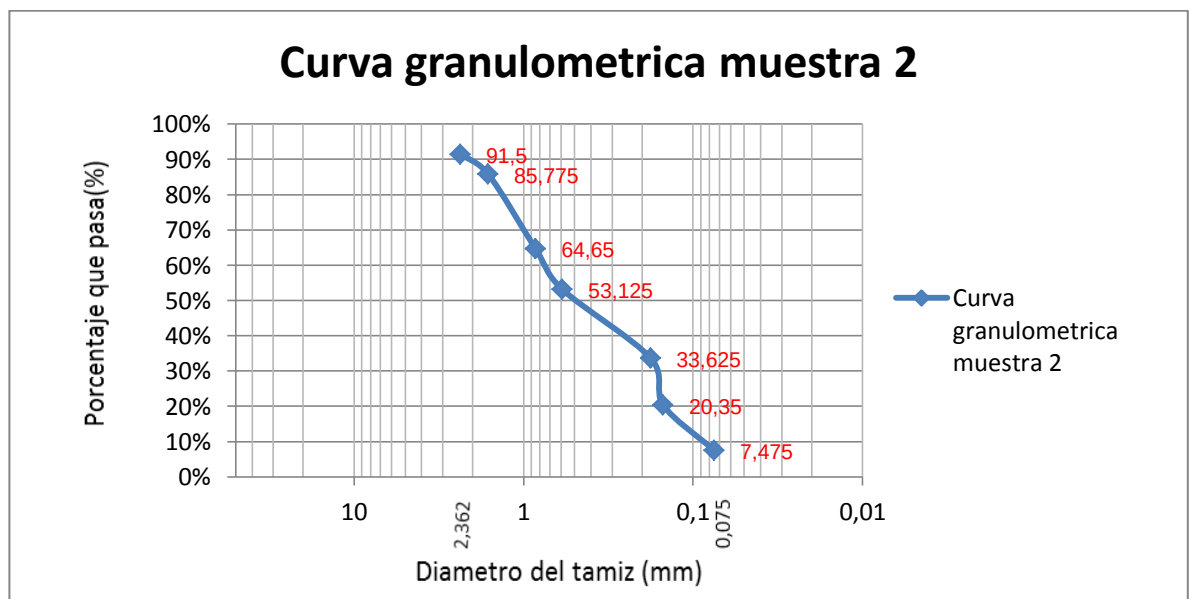


ANEXO C Cuadros de análisis de cantidad de agregados del suelo.

MUESTRA 2

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	34	8,5	91,5
10	1,616	22,9	5,725	85,775
20	0,85	84,5	21,125	64,65
30	0,59	46,1	11,525	53,125
80	0,1778	78	19,5	33,625
100	0,15	53,1	13,275	20,35
200	0,075	51,5	12,875	7,475
>200		29,9	7,475	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	56,9	14,225
Arena gruesa	130,6	32,65
Arena fina	131,1	32,775
Arena muy fina	51,5	12,875
Limo grueso	29,9	7,475
Total	400	100



%	tamaño del diámetro
10	0,085
30	0,17
60	0,77

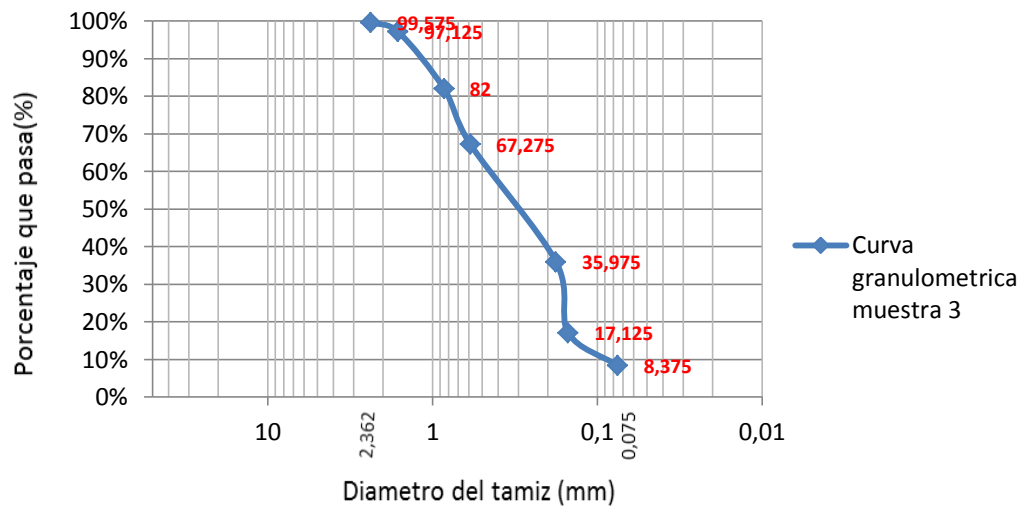
Coefficiente de uniformidad	9,06
Coefficiente de curvatura	0,44

MUESTRA 3

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	1,7	0,425	99,575
10	1,616	9,8	2,45	97,125
20	0,85	60,5	15,125	82
30	0,59	58,9	14,725	67,275
80	0,1778	125,2	31,3	35,975
100	0,15	75,4	18,85	17,125
200	0,075	35	8,75	8,375
>200		33,5	8,375	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	11,5	2,875
Arena gruesa	119,4	29,85
Arena fina	200,6	50,15
Arena muy fina	35	8,75
Limo grueso	33,5	8,375
Total	400	100

Curva granulometrica muestra 3



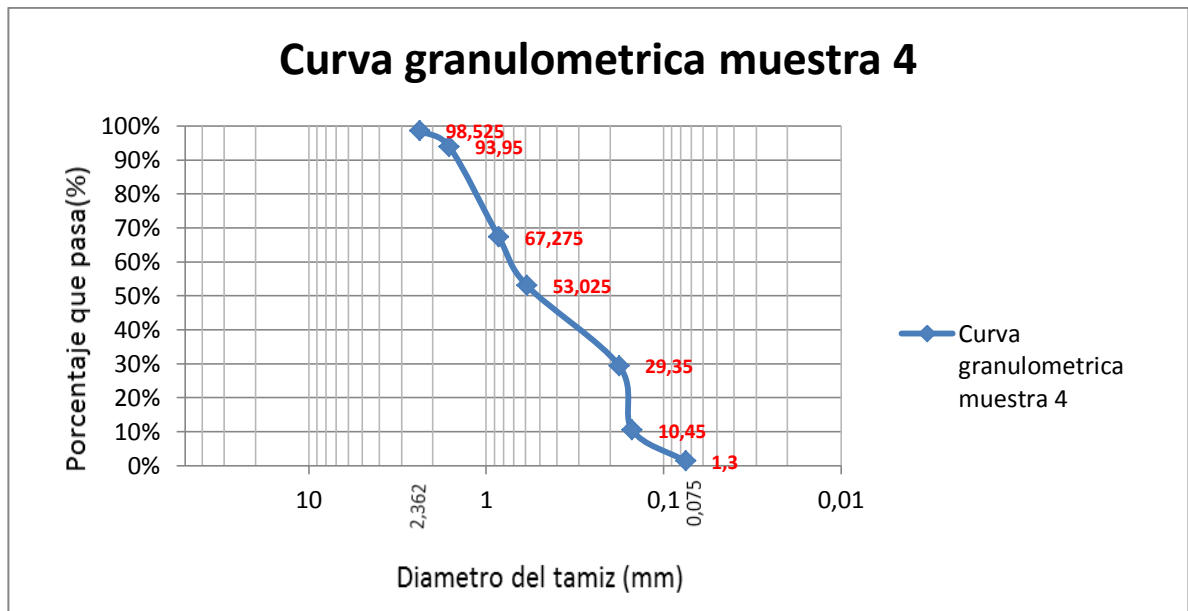
%	tamaño del diámetro
10	0,085
30	0,16
60	0,45

Coeficiente de uniformidad	5,29
Coeficiente de curvatura	0,67

MUESTRA 4

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	5,9	1,475	98,525
10	1,616	18,3	4,575	93,95
20	0,85	106,7	26,675	67,275
30	0,59	57	14,25	53,025
80	0,1778	94,7	23,675	29,35
100	0,15	75,6	18,9	10,45
200	0,075	36,6	9,15	1,3
>200		5,2	1,3	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	24,2	6,05
Arena gruesa	163,7	40,925
Arena fina	170,3	42,575
Arena muy fina	36,6	9,15
Limo grueso	5,2	1,3
Total	400	100



%	tamaño del diámetro
10	0,15
30	0,18
60	0,72

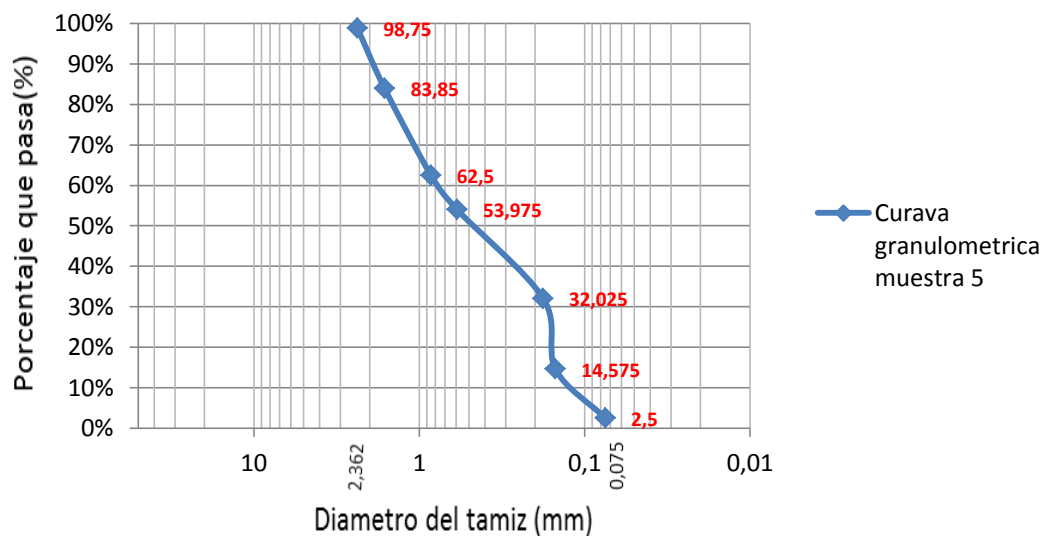
Coeficiente de uniformidad	4,80
Coeficiente de curvatura	0,30

MUESTRA 5

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	5	1,25	98,75
10	1,616	59,6	14,9	83,85
20	0,85	85,4	21,35	62,5
30	0,59	34,1	8,525	53,975
80	0,1778	87,8	21,95	32,025
100	0,15	69,8	17,45	14,575
200	0,075	48,3	12,075	2,5
>200		10	2,5	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	64,6	16,15
Arena gruesa	119,5	29,875
Arena fina	157,6	39,4
Arena muy fina	48,3	12,075
Limo grueso	10	2,5
Total	400	100

Curava granulometrica muestra 5



%	tamaño del diámetro
10	0,13
30	0,16
60	0,79

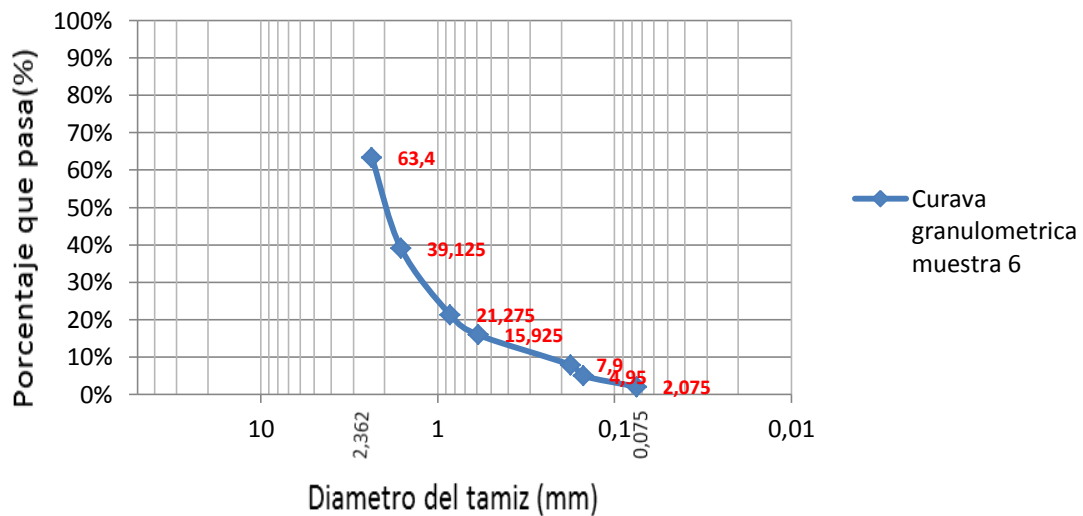
Coefficiente de uniformidad	6,08
Coefficiente de curvatura	0,25

MUESTRA 6

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	146,4	36,6	63,4
10	1,616	97,1	24,275	39,125
20	0,85	71,4	17,85	21,275
30	0,59	21,4	5,35	15,925
80	0,1778	32,1	8,025	7,9
100	0,15	11,8	2,95	4,95
200	0,075	11,5	2,875	2,075
>200		8,3	2,075	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	243,5	60,875
Arena gruesa	92,8	23,2
Arena fina	43,9	10,975
Arena muy fina	11,5	2,875
Limo grueso	8,3	2,075
Total	400	100

Curva granulometrica muestra 6



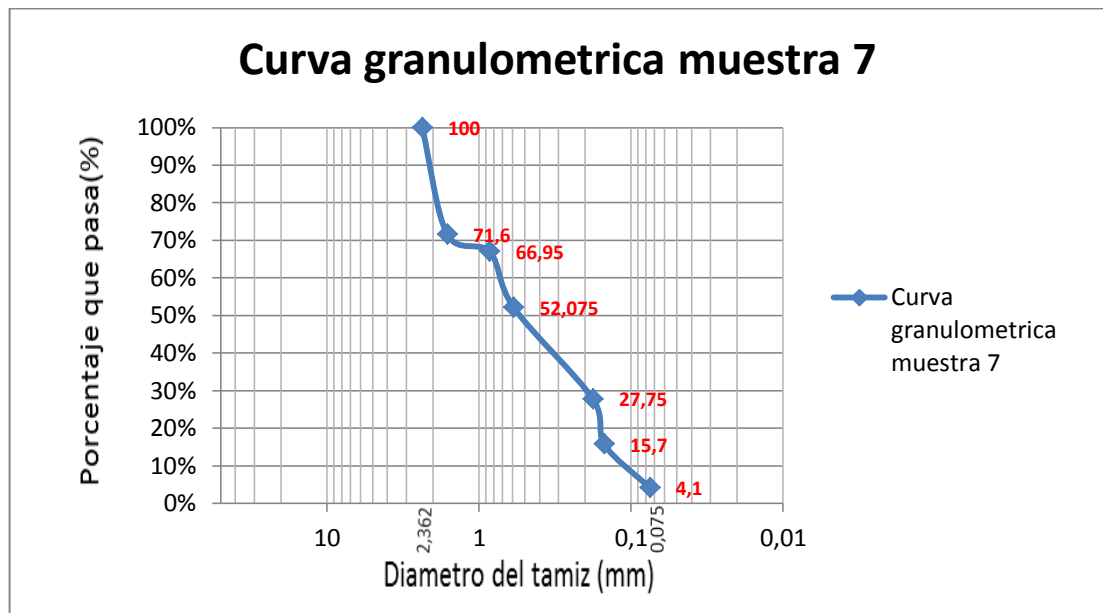
%	tamaño del diámetro
10	0,24
30	1,3
60	2,3

Coeficiente de uniformidad	9,58
Coeficiente de curvatura	3,06

MUESTRA 7

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	0	0	100
10	1,616	113,6	28,4	71,6
20	0,85	18,6	4,65	66,95
30	0,59	59,5	14,875	52,075
80	0,1778	97,3	24,325	27,75
100	0,15	48,2	12,05	15,7
200	0,075	46,4	11,6	4,1
>200		16,4	4,1	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	113,6	28,4
Arena gruesa	78,1	19,525
Arena fina	145,5	36,375
Arena muy fina	46,4	11,6
Limo grueso	16,4	4,1
Total	400	100



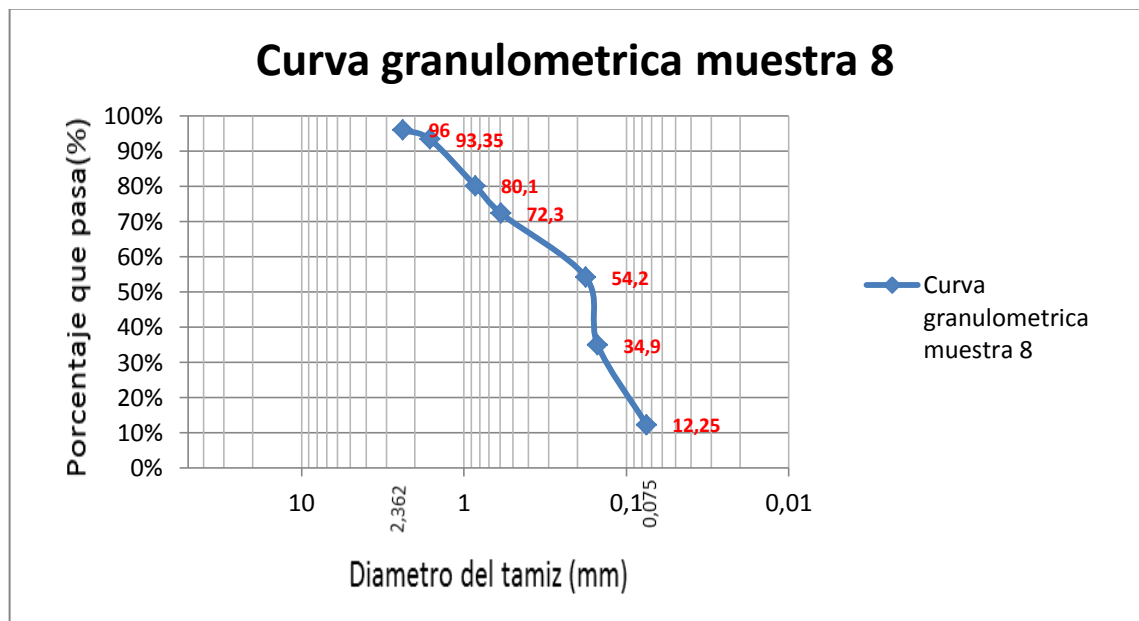
%	tamaño del diámetro
10	0,12
30	0,19
60	0,62

Coeficiente de uniformidad	5,17
Coeficiente de curvatura	0,49

MUESTRA 8

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	16	4	96
10	1,616	10,6	2,65	93,35
20	0,85	53	13,25	80,1
30	0,59	31,2	7,8	72,3
80	0,1778	72,4	18,1	54,2
100	0,15	77,2	19,3	34,9
200	0,075	90,6	22,65	12,25
>200		49	12,25	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	26,6	6,65
Arena gruesa	84,2	21,05
Arena fina	149,6	37,4
Arena muy fina	90,6	22,65
Limo grueso	49	12,25
Total	400	100



%	tamaño del diámetro
10	0,075
30	0,14
60	0,24

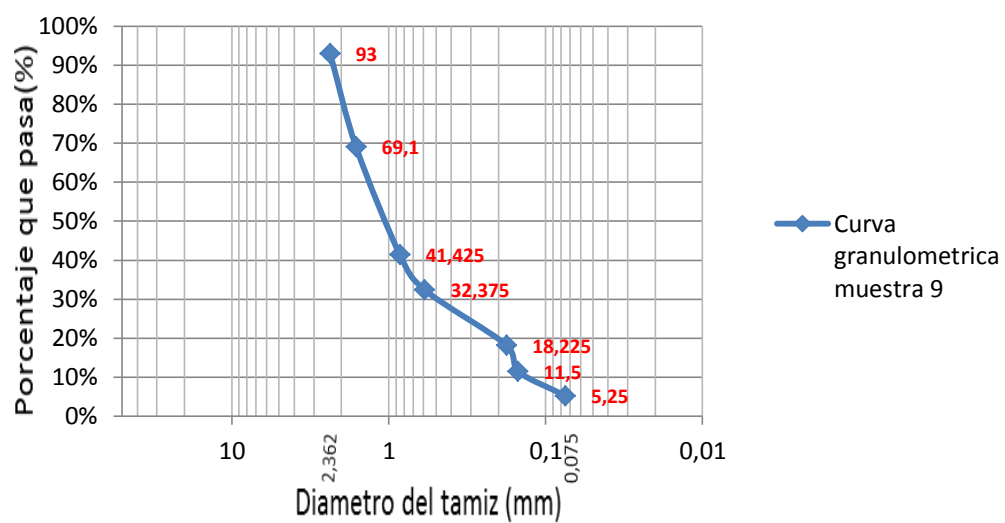
Coeficiente de uniformidad	3,20
Coeficiente de curvatura	1,09

MUESTRA 9

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	28	7	93
10	1,616	95,6	23,9	69,1
20	0,85	110,7	27,675	41,425
30	0,59	36,2	9,05	32,375
80	0,1778	56,6	14,15	18,225
100	0,15	26,9	6,725	11,5
200	0,075	25	6,25	5,25
>200		21	5,25	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	123,6	30,9
Arena gruesa	146,9	36,725
Arena fina	83,5	20,875
Arena muy fina	25	6,25
Limo grueso	21	5,25
Total	400	100

Curva granulometrica muestra 9



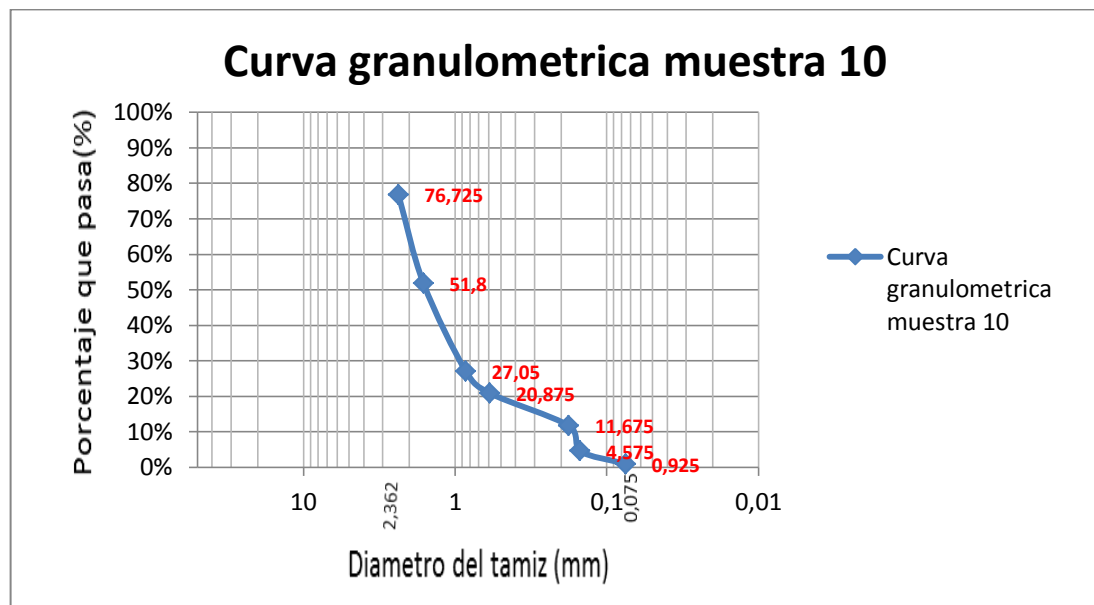
%	tamaño del diámetro
10	0,15
30	0,5
60	1,4

Coeficiente de uniformidad	9,33
Coeficiente de curvatura	1,19

MUESTRA 10

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	93,1	23,275	76,725
10	1,616	99,7	24,925	51,8
20	0,85	99	24,75	27,05
30	0,59	24,7	6,175	20,875
80	0,1778	36,8	9,2	11,675
100	0,15	28,4	7,1	4,575
200	0,075	14,6	3,65	0,925
>200		3,7	0,925	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	192,8	48,2
Arena gruesa	123,7	30,925
Arena fina	65,2	16,3
Arena muy fina	14,6	3,65
Limo grueso	3,7	0,925
Total	400	100



%	tamaño del diámetro
10	0,17
30	0,92
60	1,9

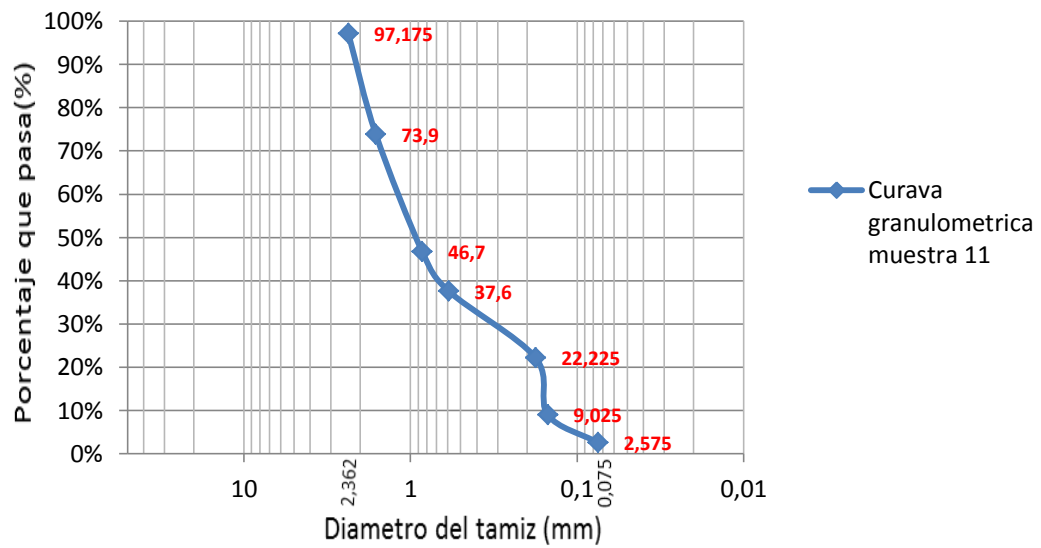
Coeficiente de uniformidad	11,18
Coeficiente de curvatura	2,62

MUESTRA 11

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	11,3	2,825	97,175
10	1,616	93,1	23,275	73,9
20	0,85	108,8	27,2	46,7
30	0,59	36,4	9,1	37,6
80	0,1778	61,5	15,375	22,225
100	0,15	52,8	13,2	9,025
200	0,075	25,8	6,45	2,575
>200		10,3	2,575	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	104,4	26,1
Arena gruesa	145,2	36,3
Arena fina	114,3	28,575
Arena muy fina	25,8	6,45
Limo grueso	10,3	2,575
Total	400	100

Curava granulometrica muestra 11



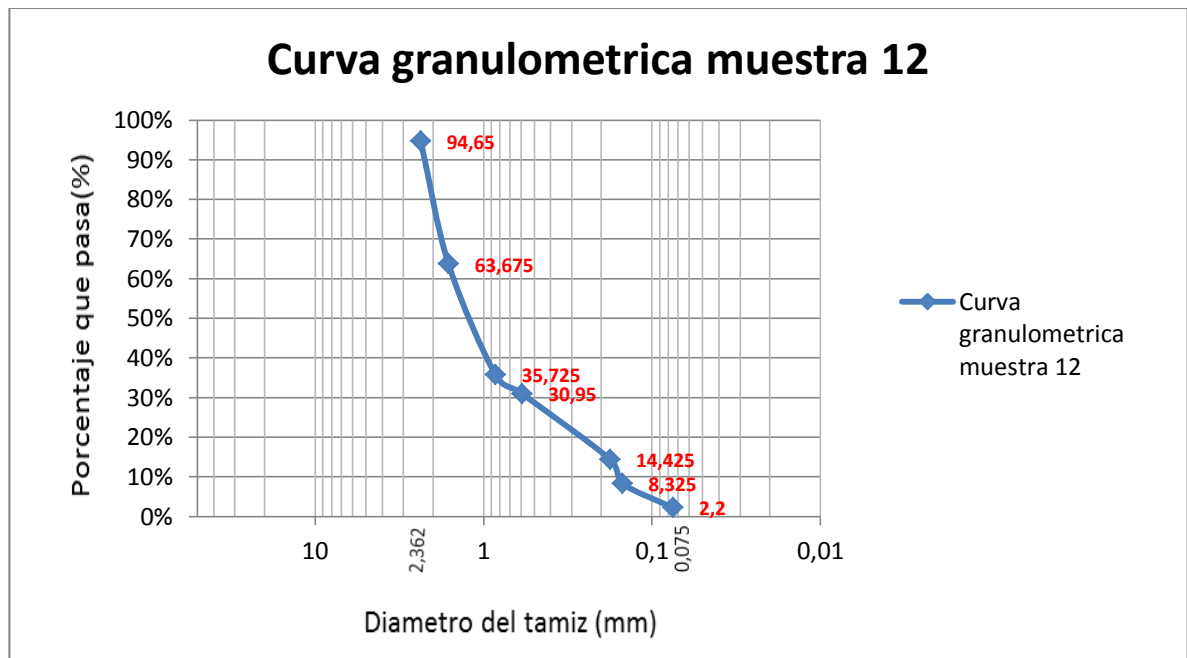
%	tamaño del diámetro
10	0,16
30	0,32
60	1,3

Coeficiente de uniformidad	8,13
Coeficiente de curvatura	0,49

MUESTRA 12

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	21,4	5,35	94,65
10	1,616	123,9	30,975	63,675
20	0,85	111,8	27,95	35,725
30	0,59	19,1	4,775	30,95
80	0,1778	66,1	16,525	14,425
100	0,15	24,4	6,1	8,325
200	0,075	24,5	6,125	2,2
>200		8,8	2,2	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	145,3	36,325
Arena gruesa	130,9	32,725
Arena fina	90,5	22,625
Arena muy fina	24,5	6,125
Limo grueso	8,8	2,2
Total	400	100



%	tamaño del diámetro
10	0,17
30	0,56
60	1,6

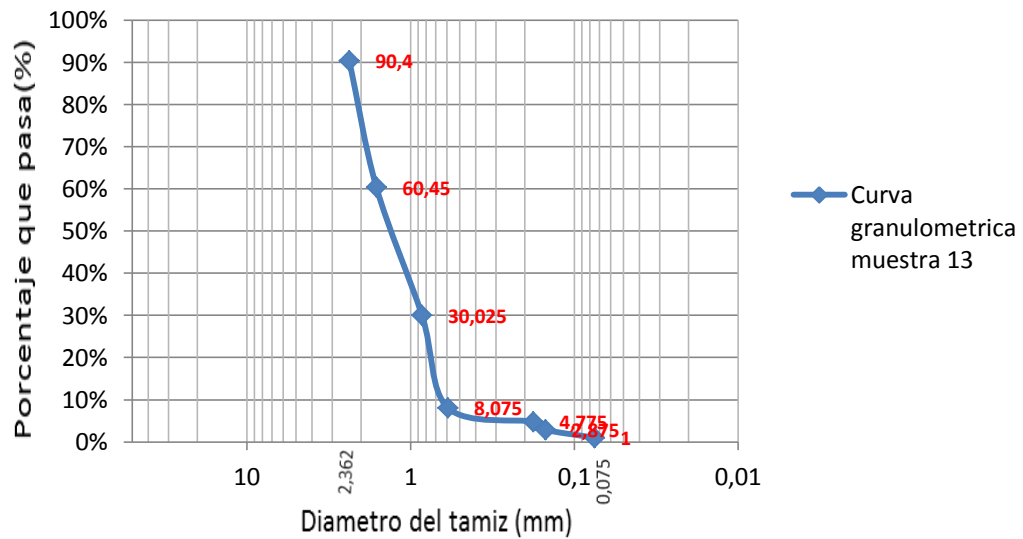
Coefficiente de uniformidad	9,41
Coefficiente de curvatura	1,15

MUESTRA 13

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	38,4	9,6	90,4
10	1,616	119,8	29,95	60,45
20	0,85	121,7	30,425	30,025
30	0,59	87,8	21,95	8,075
80	0,1778	13,2	3,3	4,775
100	0,15	7,6	1,9	2,875
200	0,075	7,5	1,875	1
>200		4	1	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	158,2	39,55
Arena gruesa	209,5	52,375
Arena fina	20,8	5,2
Arena muy fina	7,5	1,875
Limo grueso	4	1
Total	400	100

Curva granulometrica muestra 13



%	tamaño del diámetro
10	0,65
30	0,85
60	1,6

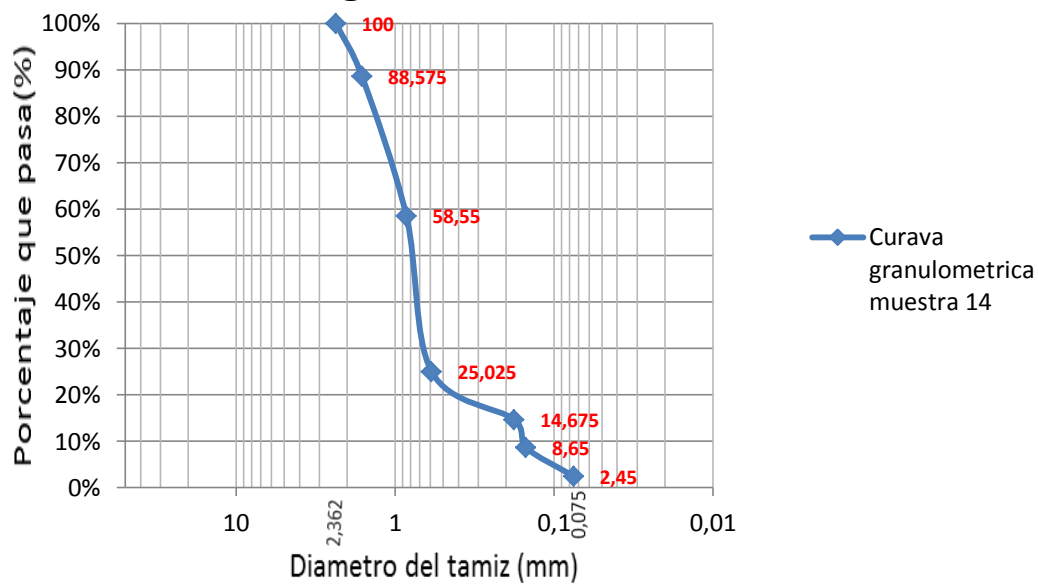
Coefficiente de uniformidad	2,46
Coefficiente de curvatura	0,69

MUESTRA 14

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	0	0	100
10	1,616	45,7	11,425	88,575
20	0,85	120,1	30,025	58,55
30	0,59	134,1	33,525	25,025
80	0,1778	41,4	10,35	14,675
100	0,15	24,1	6,025	8,65
200	0,075	24,8	6,2	2,45
>200		9,8	2,45	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	45,7	11,425
Arena gruesa	254,2	63,55
Arena fina	65,5	16,375
Arena muy fina	24,8	6,2
Limo grueso	9,8	2,45
Total	400	100

Curava granulometrica muestra 14



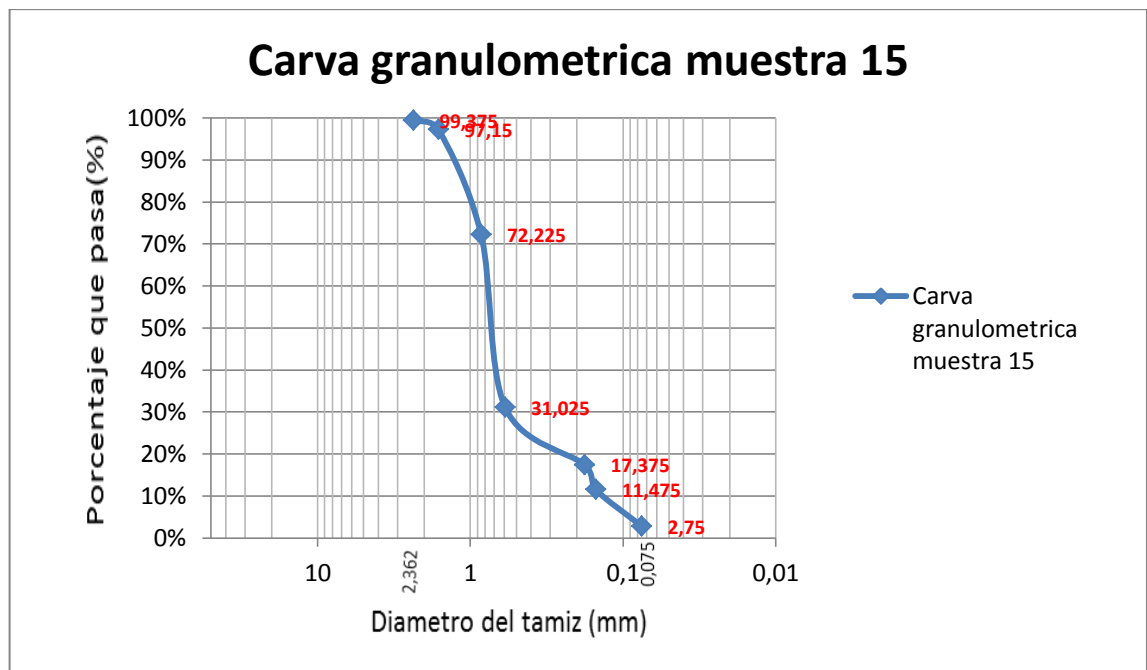
%	tamaño del diámetro
10	0,16
30	0,67
60	0,88

Coeficiente de uniformidad	5,50
Coeficiente de curvatura	3,19

MUESTRA 15

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	2,5	0,625	99,375
10	1,616	8,9	2,225	97,15
20	0,85	99,7	24,925	72,225
30	0,59	164,8	41,2	31,025
80	0,1778	54,6	13,65	17,375
100	0,15	23,6	5,9	11,475
200	0,075	34,9	8,725	2,75
>200		11	2,75	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	11,4	2,85
Arena gruesa	264,5	66,125
Arena fina	78,2	19,55
Arena muy fina	34,9	8,725
Limo grueso	11	2,75
Total	400	100



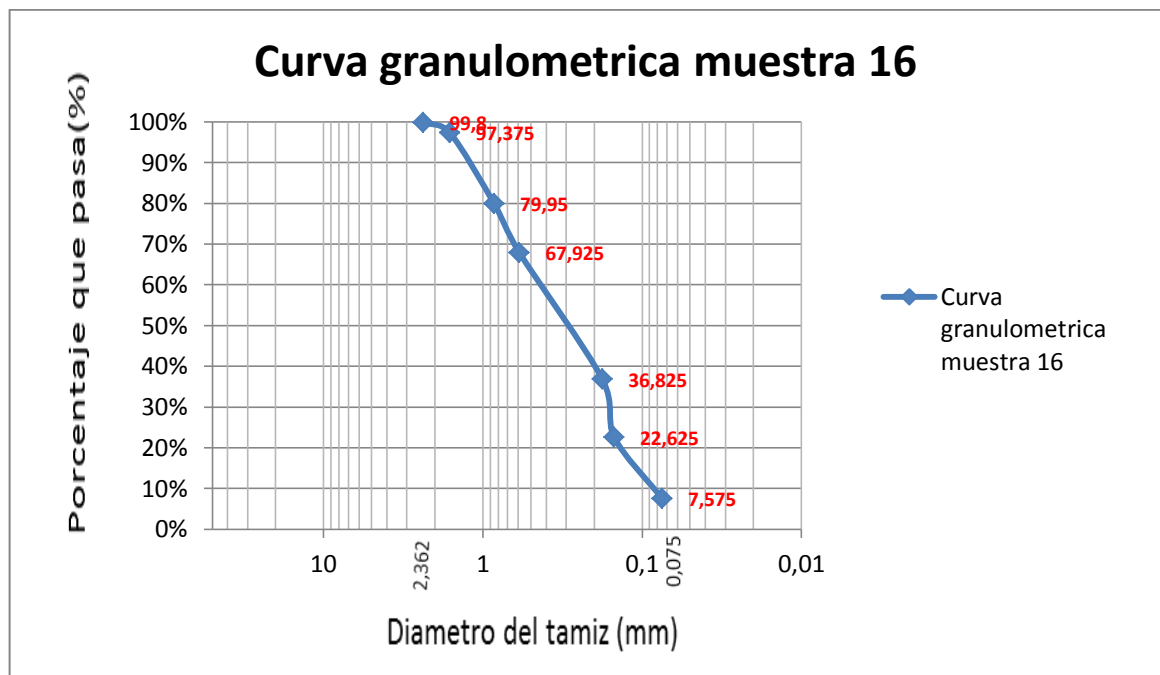
%	tamaño del diámetro
10	0,15
30	0,58
60	0,78

Coeficiente de uniformidad	5,20
Coeficiente de curvatura	2,88

MUESTRA 16

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	0,8	0,2	99,8
10	1,616	9,7	2,425	97,375
20	0,85	69,7	17,425	79,95
30	0,59	48,1	12,025	67,925
80	0,1778	124,4	31,1	36,825
100	0,15	56,8	14,2	22,625
200	0,075	60,2	15,05	7,575
>200		30,3	7,575	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	10,5	2,625
Arena gruesa	117,8	29,45
Arena fina	181,2	45,3
Arena muy fina	60,2	15,05
Limo grueso	30,3	7,575
Total	400	100



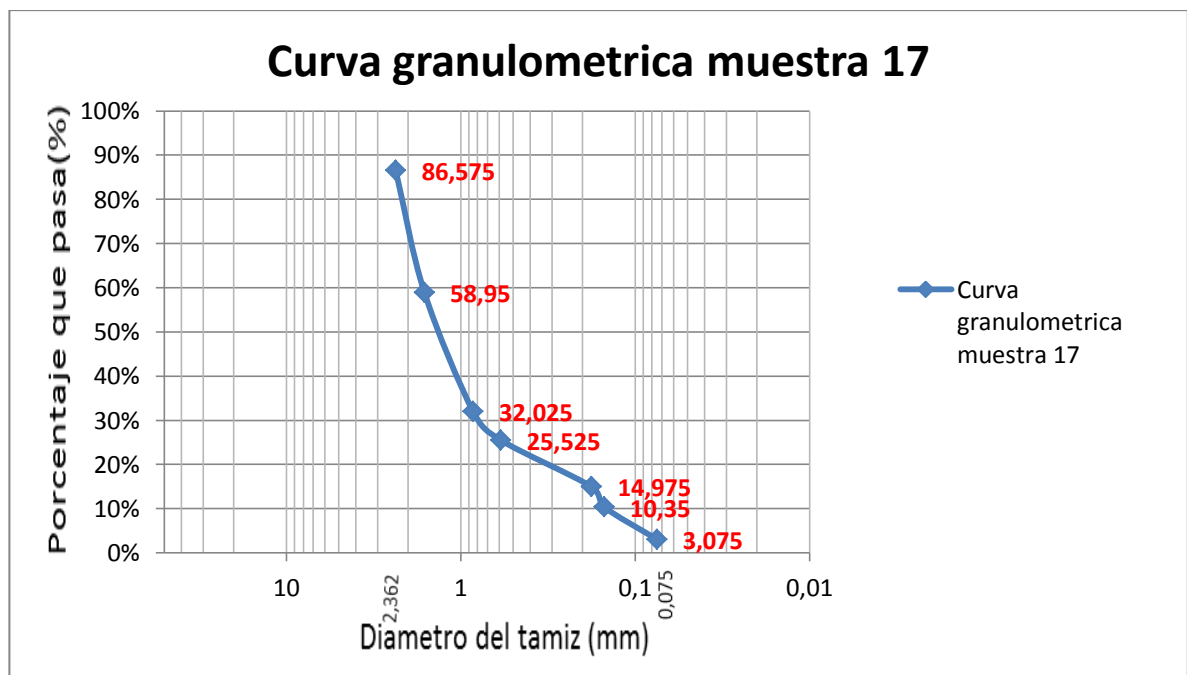
%	tamaño del diámetro
10	0,084
30	0,16
60	0,43

Coeficiente de uniformidad	5,12
Coeficiente de curvatura	0,71

MUESTRA 17

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	53,7	13,425	86,575
10	1,616	110,5	27,625	58,95
20	0,85	107,7	26,925	32,025
30	0,59	26	6,5	25,525
80	0,1778	42,2	10,55	14,975
100	0,15	18,5	4,625	10,35
200	0,075	29,1	7,275	3,075
>200		12,3	3,075	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	164,2	41,05
Arena gruesa	133,7	33,425
Arena fina	60,7	15,175
Arena muy fina	29,1	7,275
Limo grueso	12,3	3,075
Total	400	100



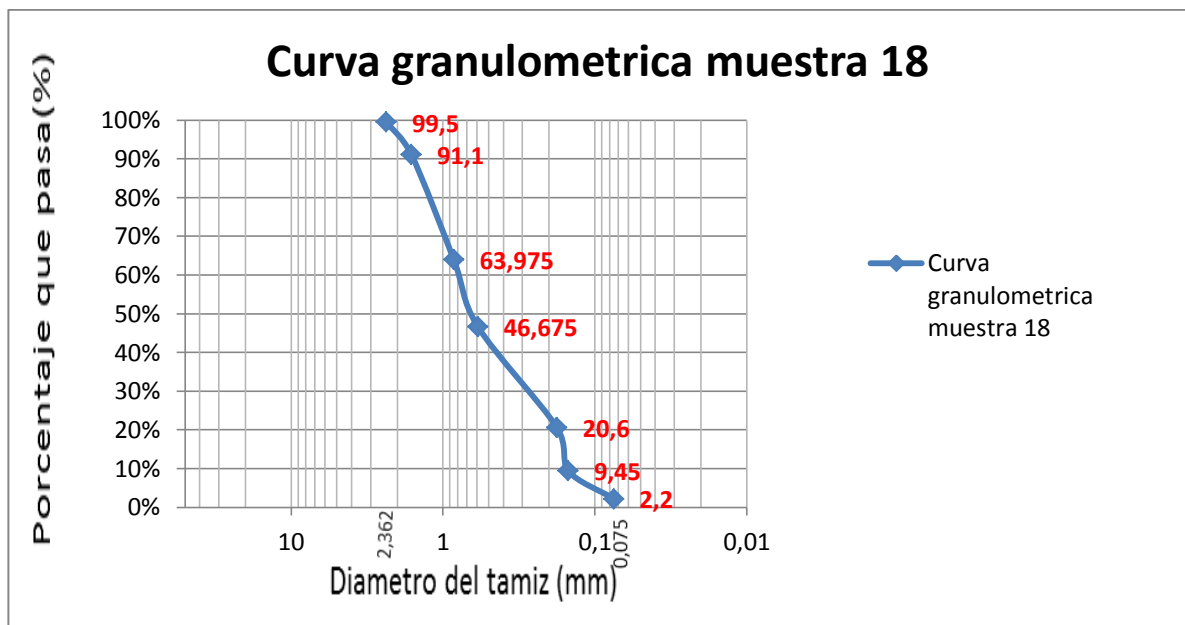
%	tamaño del diámetro
10	0,16
30	0,79
60	1,7

Coefficiente de uniformidad	10,63
Coefficiente de curvatura	2,29

MUESTRA 18

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	2	0,5	99,5
10	1,616	33,6	8,4	91,1
20	0,85	108,5	27,125	63,975
30	0,59	69,2	17,3	46,675
80	0,1778	104,3	26,075	20,6
100	0,15	44,6	11,15	9,45
200	0,075	29	7,25	2,2
>200		8,8	2,2	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	35,6	8,9
Arena gruesa	177,7	44,425
Arena fina	148,9	37,225
Arena muy fina	29	7,25
Limo grueso	8,8	2,2
Total	400	100



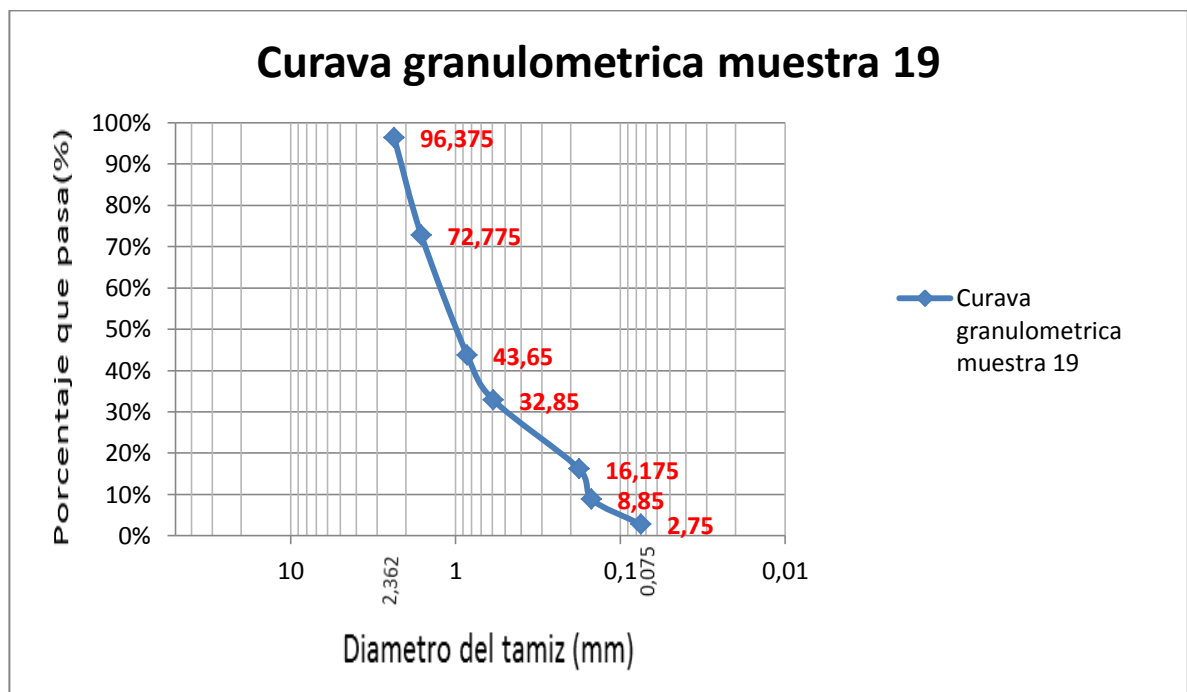
%	tamaño del diámetro
10	0,16
30	0,18
60	0,81

Coeficiente de uniformidad	5,06
Coeficiente de curvatura	0,25

MUESTRA 19

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	14,5	3,625	96,375
10	1,616	94,4	23,6	72,775
20	0,85	116,5	29,125	43,65
30	0,59	43,2	10,8	32,85
80	0,1778	66,7	16,675	16,175
100	0,15	29,3	7,325	8,85
200	0,075	24,4	6,1	2,75
>200		11	2,75	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	108,9	27,225
Arena gruesa	159,7	39,925
Arena fina	96	24
Arena muy fina	24,4	6,1
Limo grueso	11	2,75
Total	400	100



%	tamaño del diámetro
10	0,16
30	0,5
60	1,4

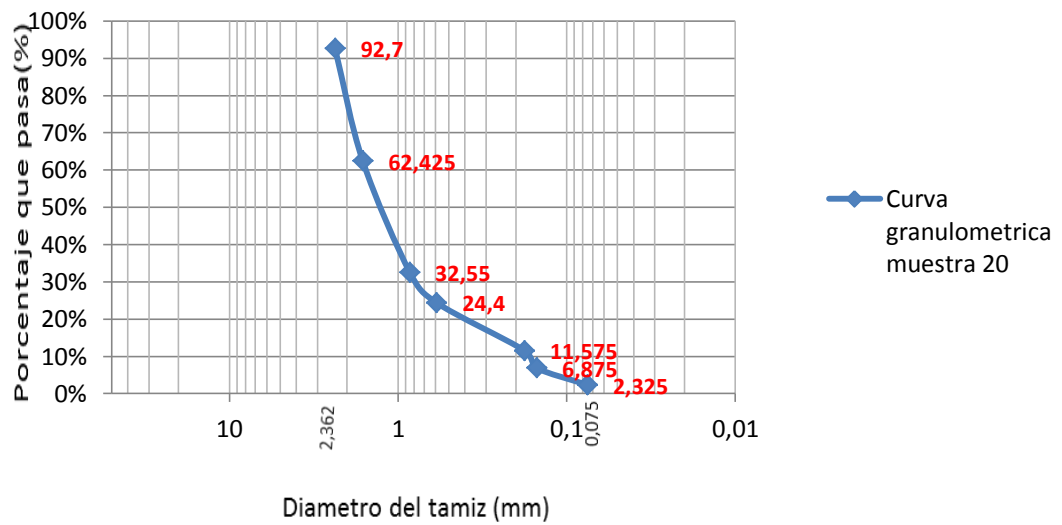
Coefficiente de uniformidad	8,75
Coefficiente de curvatura	1,12

MUESTRA 20

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	29,2	7,3	92,7
10	1,616	121,1	30,275	62,425
20	0,85	119,5	29,875	32,55
30	0,59	32,6	8,15	24,4
80	0,1778	51,3	12,825	11,575
100	0,15	18,8	4,7	6,875
200	0,075	18,2	4,55	2,325
>200		9,3	2,325	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	150,3	37,575
Arena gruesa	152,1	38,025
Arena fina	70,1	17,525
Arena muy fina	18,2	4,55
Limo grueso	9,3	2,325
Total	400	100

Curva granulometrica muestra 20



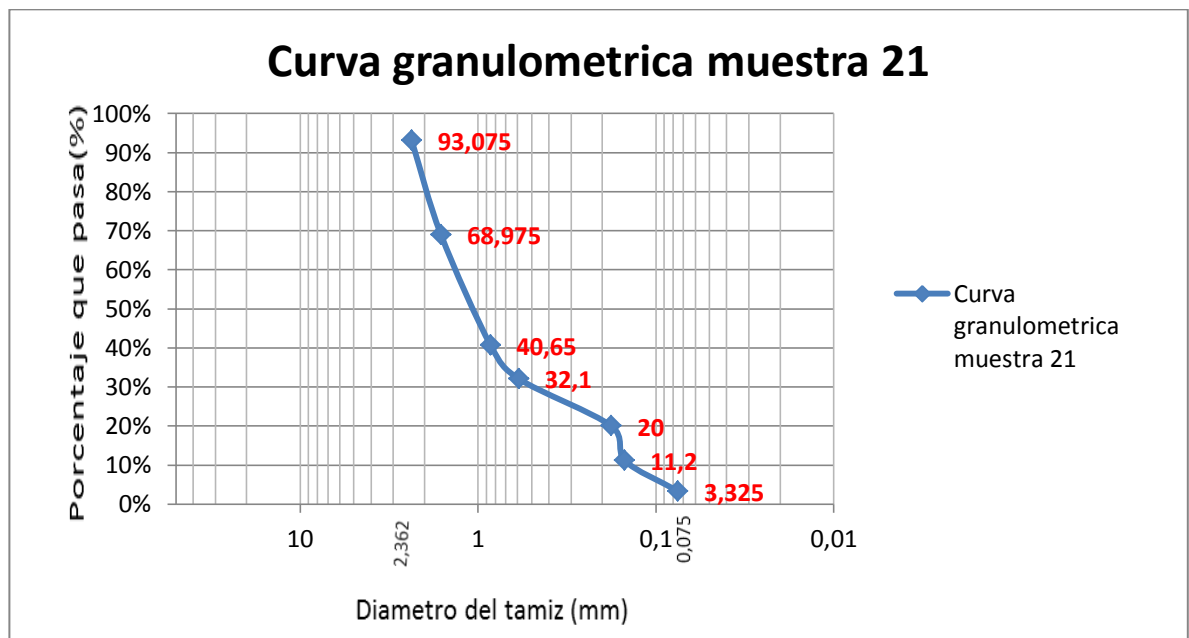
%	tamaño del diámetro
10	0,17
30	0,8
60	1,47

Coefficiente de uniformidad	8,65
Coefficiente de curvatura	2,56

MUESTRA 21

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	27,7	6,925	93,075
10	1,616	96,4	24,1	68,975
20	0,85	113,3	28,325	40,65
30	0,59	34,2	8,55	32,1
80	0,1778	48,4	12,1	20
100	0,15	35,2	8,8	11,2
200	0,075	31,5	7,875	3,325
>200		13,3	3,325	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	124,1	31,025
Arena gruesa	147,5	36,875
Arena fina	83,6	20,9
Arena muy fina	31,5	7,875
Limo grueso	13,3	3,325
Total	400	100



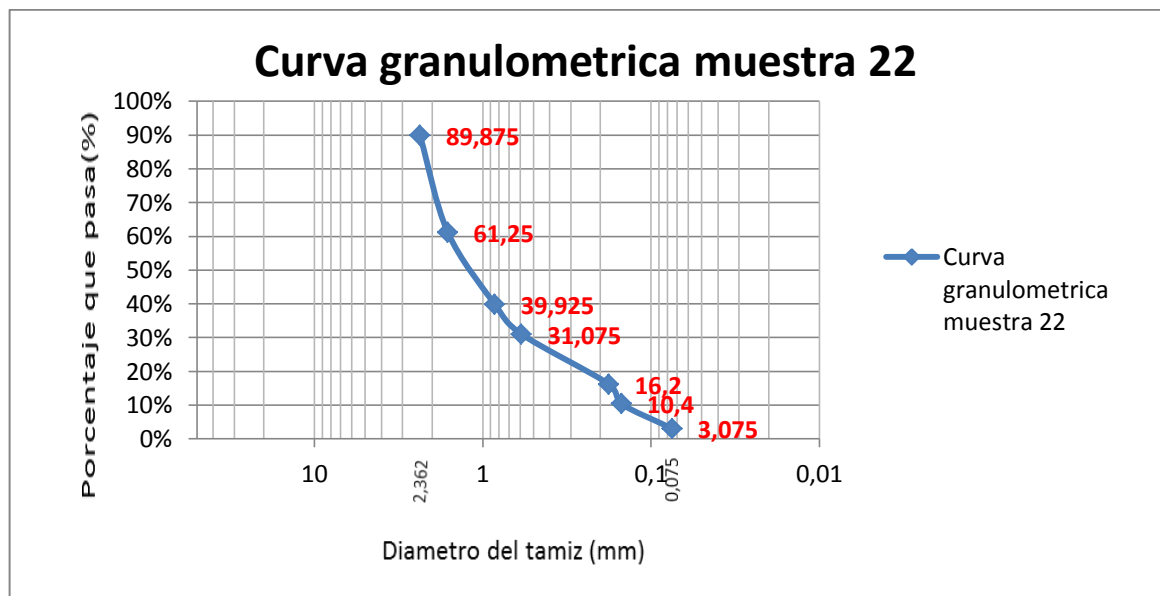
%	tamaño del diámetro
10	0,16
30	0,49
60	1,4

Coeficiente de uniformidad	8,75
Coeficiente de curvatura	1,07

MUESTRA 22

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	40,5	10,125	89,875
10	1,616	114,5	28,625	61,25
20	0,85	85,3	21,325	39,925
30	0,59	35,4	8,85	31,075
80	0,1778	59,5	14,875	16,2
100	0,15	23,2	5,8	10,4
200	0,075	29,3	7,325	3,075
>200		12,3	3,075	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	155	38,75
Arena gruesa	120,7	30,175
Arena fina	82,7	20,675
Arena muy fina	29,3	7,325
Limo grueso	12,3	3,075
Total	400	100



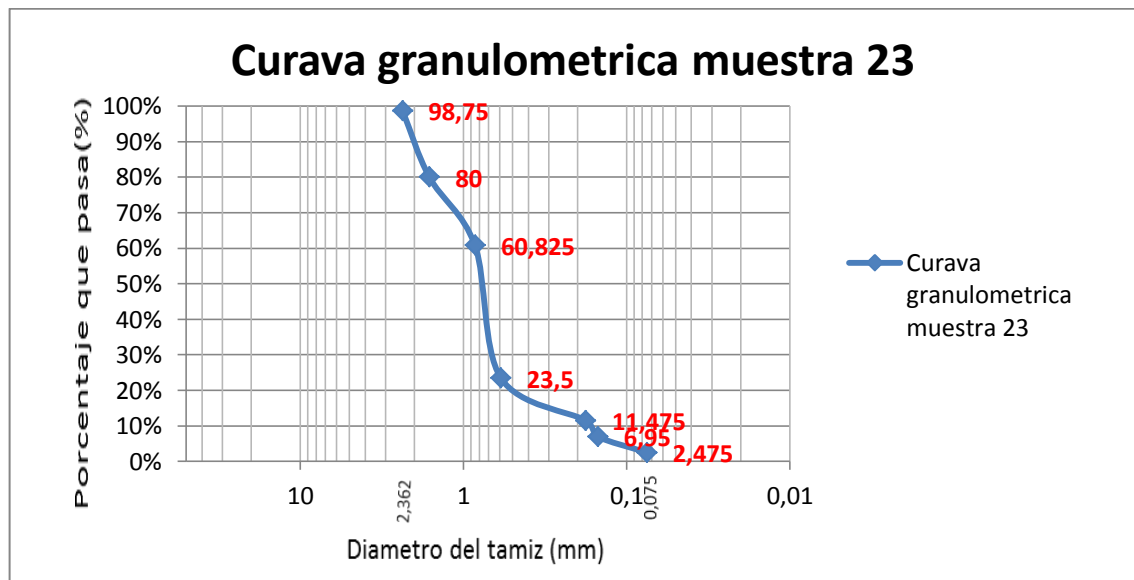
%	tamaño del diámetro
10	0,16
30	0,53
60	1,6

Coeficiente de uniformidad	10,00
Coeficiente de curvatura	1,10

MUESTRA 23

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	5	1,25	98,75
10	1,616	75	18,75	80
20	0,85	76,7	19,175	60,825
30	0,59	149,3	37,325	23,5
80	0,1778	48,1	12,025	11,475
100	0,15	18,1	4,525	6,95
200	0,075	17,9	4,475	2,475
>200		9,9	2,475	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	80	20
Arena gruesa	226	56,5
Arena fina	66,2	16,55
Arena muy fina	17,9	4,475
Limo grueso	9,9	2,475
Total	400	100



%	tamaño del diámetro
10	0,18
30	0,68
60	0,85

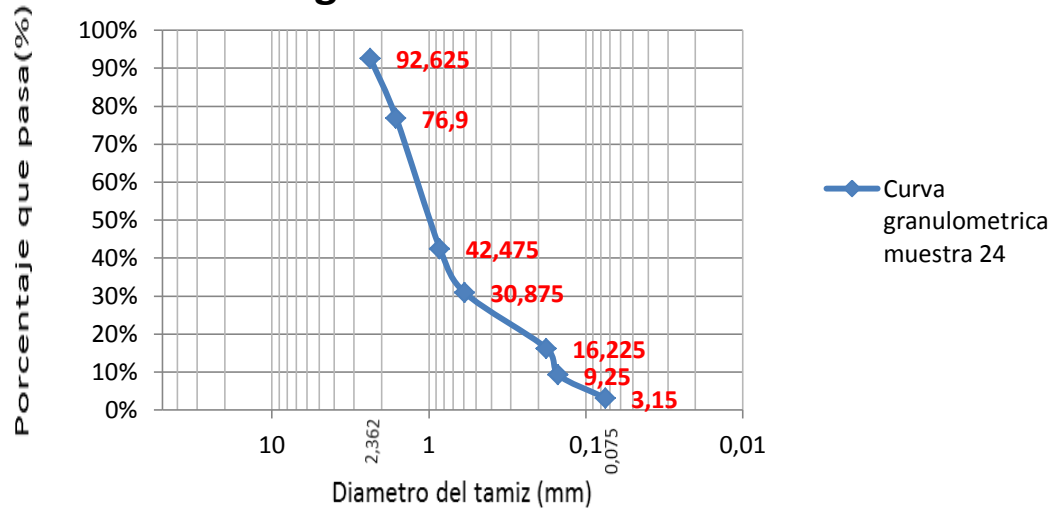
Coeficiente de uniformidad	4,72
Coeficiente de curvatura	3,02

MUESTRA 24

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	29,5	7,375	92,625
10	1,616	62,9	15,725	76,9
20	0,85	137,7	34,425	42,475
30	0,59	46,4	11,6	30,875
80	0,1778	58,6	14,65	16,225
100	0,15	27,9	6,975	9,25
200	0,075	24,4	6,1	3,15
>200		12,6	3,15	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	92,4	23,1
Arena gruesa	184,1	46,025
Arena fina	86,5	21,625
Arena muy fina	24,4	6,1
Limo grueso	12,6	3,15
Total	400	100

Curva granulometrica muestra 24



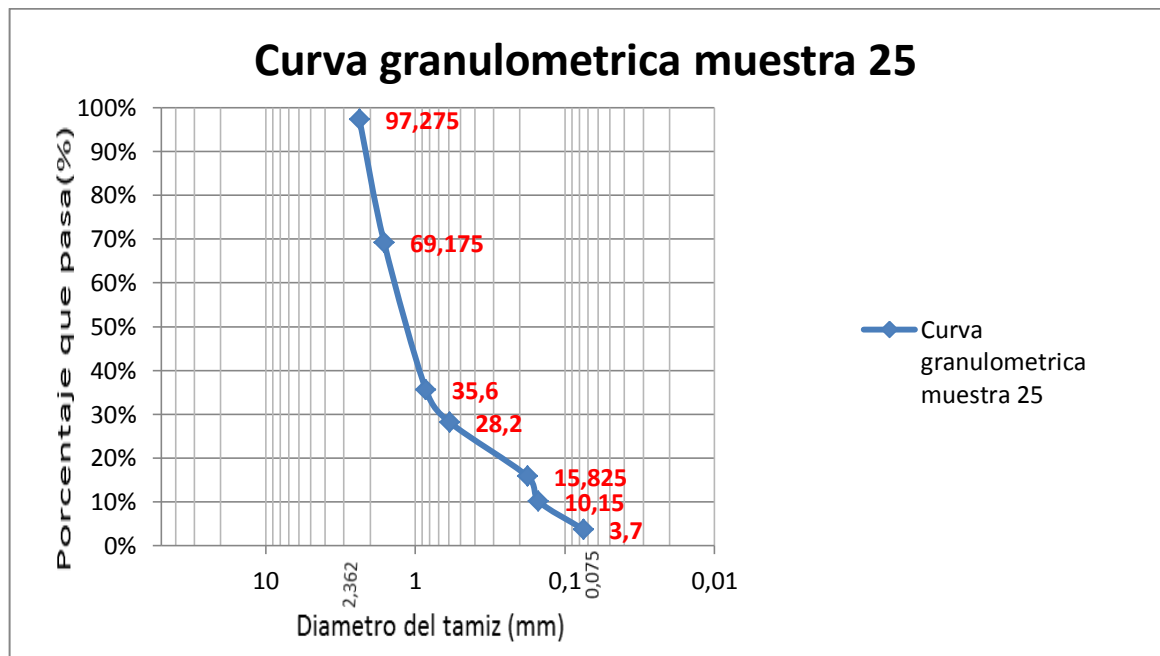
%	tamaño del diámetro
10	0,17
30	0,57
60	1,2

Coeficiente de uniformidad	7,06
Coeficiente de curvatura	1,59

MUESTRA 25

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% retenido	% que paso
8	2,362	10,9	2,725	97,275
10	1,616	112,4	28,1	69,175
20	0,85	134,3	33,575	35,6
30	0,59	29,6	7,4	28,2
80	0,1778	49,5	12,375	15,825
100	0,15	22,7	5,675	10,15
200	0,075	25,8	6,45	3,7
>200		14,8	3,7	
total		400	100	

Clasificación de los separados del suelo	peso (gr)	%
Arenas muy gruesas	123,3	30,825
Arena gruesa	163,9	40,975
Arena fina	72,2	18,05
Arena muy fina	25,8	6,45
Limo grueso	14,8	3,7
Total	400	100



%	tamaño del diámetro
10	0,16
30	0,59
60	1,5

Coeficiente de uniformidad	9,38
Coeficiente de curvatura	1,45

ANEXO D Adecuación de área y plantación de *pinus maximinoi*.

Foto 1. Ubicación de plantación.



Foto 2. Determinación de profundidad efectiva del lote para la plantación.



Foto 3. Toma de muestras para análisis químico y de textura.



Foto 4 Aislamiento de área de plantación.



Foto 5. Trazado



Foto 6 Plateo.



Foto 7 Plantar.



Foto 8 Plantación final de *Pinus maximinoi*.



ANEXO E Análisis de suelos ofrecido por laboratorio para el área donde se implementó la plantación.

	LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS						Código: F-LQS-24	
	CONVENIO GOBERNACIÓN DE SANTANDER-UIS						Versión: 01	
	RESULTADO ANÁLISIS DE SUELOS						Página 1 de 1	

Cliente:	Libardo Rangel Ortiz	Fecha de Ingreso de la muestra:	Septiembre 3 de 2014	Departamento:	Santander	Municipio:	Málaga
Entidad:	N.S	Fecha de Análisis:	Septiembre 12 de 2014	Vereda:	San Luis	Cultivo:	Plantación Forestal
Dirección:	N.S	Fecha de Emisión de Resultado:	Septiembre 18 de 2014			Finca:	La Cuadra
Análisis solicitado:	Caracterización	x	Elementos Menores	x	Azufre	C.I.C.	C.E.

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELOS																				
Cód. Muestra	pH Unid	%C	P (ppm)	Ca	Mg	Na	K	Al	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	B	Fe	Mn	Cu	Zn	S	CIC meq/100g	CE mmhos/cm
				meq/100g suelo									(ppm)							
14-1310	4.4	3.00	12.2	2.05	0.29	0.11	0.28	2.0	60	30	10	Franco - Arenoso	0.64	203	15.6	1.93	0.79	N.S.C	N.S.C	N.S.C

PARÁMETROS	MÉTODO ANALÍTICO	NOTAS	ABREVIATURAS
pH: Potencial de Hidrógeno C: Carbono P: Fósforo disponible Ca, Mg, Na, K % Textura B: Boro Fe, Mn, Cu, Zn S: Azufre CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico CE: Conductividad Eléctrica	Electrométrico: Relación 1:1 Agua destilada Colorimétrico: Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ Colorimétrico: Bray II. HCl 0.1 N-NH₄F 0.03 N Absorción Atómica: Extracción: Acetato de Amonio Bouyoucos: Agua destilada Colorimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Absorción Atómica: Extracción con DTPA Turbidimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Extracción: Acetato de Amonio Electrométrico: Agua destilada	Nota 1: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax ó e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos. Nota 2: Prohibida la reproducción total o parcial de este documento. Nota 3: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras suministradas por el cliente. Nota 4: Los métodos analíticos aplicados en el laboratorio son válidos únicamente para muestras de suelos, y no a otros materiales de características físicas similares. Nota 5: La contramuestra de la muestra analizada se almacenará por un periodo de tiempo de 2 meses a partir de la fecha de emisión del resultado. Nota 6: Información y muestra suministrada por el cliente. Nota 7: Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 6324861 ó al correo electrónico: laboratorioquimicosuelos_uis@yahoo.com	N.D: No Detectable a la mínima concentración establecida por el método. N.S: No Suministrado por el Cliente. N.A: No Aplica. N.S.C: No Solicitado por el Cliente.
OBSERVACIONES:			VoBo ROSA CLAUDIA LOPEZ QUIROGA Química Mat. Prof. 0591